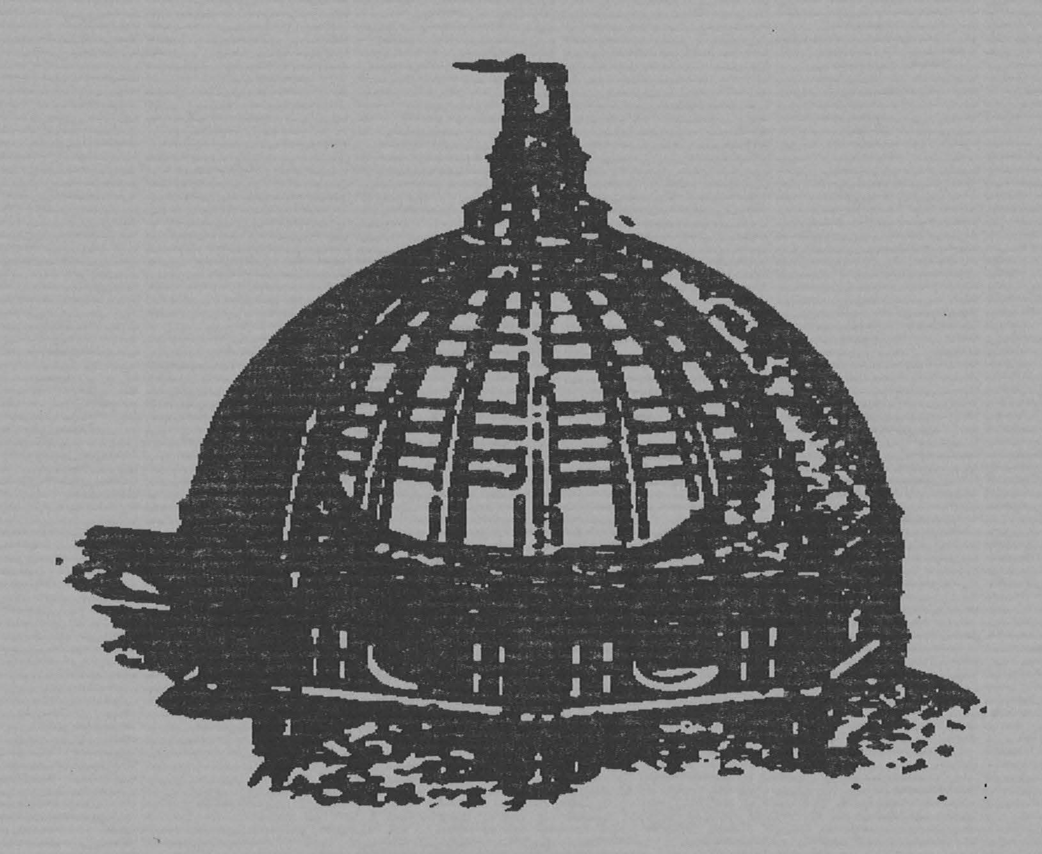
BEDEUTENDE BAUWERKE
UND IHRE MEISTER
CONSTRUCCIONES EMBLEMÁTICAS
Y SUS AUTORES

KUPPELN
IN VERSCHIEDENEN EPOCHEN
CÚPULAS
EN DIFERENTES ÉPOCAS
(I)

Koordination
EVE BAUDER



CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID

4-56-08

BEDEUTENDE BAUWERKE
UND IHRE MEISTER
CONSTRUCCIONES EMBLEMÁTICAS
Y SUS AUTORES

KUPPELN
IN VERSCHIEDENEN EPOCHEN
CÚPULAS
EN DIFERENTES ÉPOCAS
(I)

Koordination
EVE BAUDER

CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID

4-56-08

C U A D E R N O S
D E L I N S T I T U T O
J U A N D E H E R R E R A

NUMERACIÓN

4 Área

56 Autor

8 Ordinal de cuaderno (del autor)

ÁREAS

0 VARIOS

1 ESTRUCTURAS

2 CONSTRUCCIÓN

3 FÍSICA Y MATEMÁTICAS

4 TEORÍA

5 GEOMETRÍA Y DIBUJO

6 PROYECTOS

7 URBANISMO

8 RESTAURACIÓN

KUPPELN IN VERSCHIEDENEN EPOCHEN (I)

Instituto Juan de Herrera.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
Gestión y portada: Lucía Alba Fernández
CUADERNO 264.01 / 4-56-08
ISBN 13: 978-84-9728-279-6
Depósito Legal: M-52916-2008

Vorwort der Koordinatorin

Der Wunsch einer Gruppe von Architekturstudenten, die 2001 den höchsten aller an der Universität für Architektur angebotenen Deutschkurse mit Erfolg absolviert hatten und die ihre allgemeinen und fachspezifischen Deutschkenntnisse weiter vertiefen und ausbauen wollten, führte zur Entstehung der Reihe "Bedeutende Bauwerke und ihre Meister".

Die diesjährige – fünfte – Gruppe von Studenten hat sich mit dem Thema "Kuppeln in verschiedenen Epochen" *(Cúpulas en diferentes épocas)* auseinandergesetzt: Jeder Einzelne beschäftigte sich intensiv mit einer oder mehrerer Epochen des Kuppelbaus in Spanien, von dessen Erstehung bis zur heutigen Zeit, unter Berücksichtigung der verschiedenen länder– und kulturenspezifischen Einflüsse auf Typologie und Materialien, wie auch, soweit ermittelbar, ihrer Erbauer.

Das Ziel dieser ausführlichen Forschungsarbeit, die die Lektüre und das konzentrierte Studium vieler deutscher Bücher, Fachzeitschriften, Artikel und Referate – aus den Schätzen der Universitätsbibliothek, dem Internet und anderen Quellen stammend – voraussetzte, war die Erarbeitung einer Abhandlung auf Deutsch, die sowohl eine detaillierte Beschreibung der formellen Aspekte der gewählten Kuppeln und ihrer historischen Bedeutung widerspiegeln, als auch eine inhaltsbezogene Liste des relevanten allgemeinsprachlichen und technischen Vokabulars in zweisprachiger Ausführung (deutsch und spanisch) enthalten sollte.

Das Ergebnis der unzähligen Stunden unermüdlichen Fleißes und außergewöhnlicher Schaffenskraft dieser Gruppe liegt nun hier in Form von vier neuen Heften aus dieser Reihe vor, deren Veröffentlichung uns Mitwirkende nicht nur mit Stolz und Freude erfüllt, sondern besonders das Bedürfnis und die Notwendigkeit zum Ausdruck bringen soll, Sprache und Technik zu „überkuppeln", d.h., die Wissensgebiete der einen mit denen der anderen zu verbinden, deren Austausch anzuregen und so die „Wölbung über *einen gemeinsamen Raum*" für grenzüberschreitendes, multidisziplinäres Schaffen zu symbolisieren.

Mögen diese vier Hefte dem Humanisten wie dem Techniker als praktisches Werkzeug dienen!

Dra. Eve Bauder
Profesora de Alemán para Arquitectos
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

BEDEUTENDE BAUWERKE UND IHRE MEISTER
CONSTRUCCIONES EMBLEMÁTICAS Y SUS AUTORES

<u>INHALTSVERZEICHNIS</u>
<u>*ÍNDICE*</u>

Die Moschee des Christus des Lichtes von Toledo
Die Alhambra von Granada
Die Bäder oder *Hammam*
Ihre Gewölbe
Bibliographie
José Luis Jiménez Martin, Eve Bauder

Kuppeln in verschiedenen Epochen (II)
Cúpulas en diferentes épocas (II)

<u>Von der Romanik bis zur Renaissance</u>
1.Einführung in die Romanik Spaniens.
Historischer Kontext.
Jakobsweg.
Romanische Kirchen
Die Kathedrale Jacas (1076-1130)
Die San Martín de Fromista Kirche(1063)
2.Zimborien aus León im 12. Jahrhundert.
Definition von "Cimborrio"(Zimborium).
Zimborien-Gruppe aus León.
Die Kathedrale Zamoras (1140)
Die alte Kathedrale Salamancas (1150): Torre del gallo Zimborium
Santa María la Mayor. Die Stiftskirche Toros (1170)
Der Kapitelsaal von Plasencia (1250)
3.Der Übergang von der Romanik zur Gotik
Fließende Grenzen des Übergangs.
Renovierung der alten romanischen Kirchen.
Spätromanik. Definition von Gotik.
Die Kathedrale von Lerida. Santa María o seu Vella (1278)
Die Kathedrale von Burgos. Kapelle des Condestable (1485)
Die Kathedrale von Burgos. Zimborium des Querschiffs
4.In Richtung Renaissance
Geringe Entwicklung der Renaissance in Spanien.
Neue Denkweise.
Grabkapelle.
Die sakrale Kapelle des Salvador (1530/1540)
Bibliographie
Carlota Estaún Martínez, Eve Bauder

<u>Manierismos und Barock in Spanien</u>
1.Der Manierismus in Spanien
Schloss-und Klosteranlage von "El Escorial"
Andere kleine Bauwerke
Die Angustias Kirche
Die Kirche des Heiligen Domingo der Ältere
Der Tabernakel des Doms von Toledo
Die Bernardas Kirche
2.Das Barock in Spanien
2.1.Die Einführung des Barocks
Das "strenge" Barock der Spanischen Habsburger
Das *collegium regium* von Salamanca

Die Kapelle des Christus der Schmerzensreiche
Die Kirche des Heiligen Isidro
Die ersten Anzeichen des Barocks in Andalussien, Levante und Aragon
Der Tabernakel des Doms von Sevilla
Die Kirche des Heiligen Justo und des Heiligen Pastor
Die Kirche der Jungfrau *de los desamparados* (der Hilflosen)
Typische Eigenschaften des Barocks in Aragon

2.2. Die Hoch-Zeit des Barocks

Alonso Cano
Der Einfluss Alonso Canos auf andere Bauwerke
Die Kapelle des Heiligen Isidro
Die Passionskirche
Die Churriguera Familie
Die Kirche des Heiligen Cayetano
Die Kirche des Heiligen Sebastian
Andere wichtige Bauwerke
Das Heiligtum von Loyola
Die *El Pilar* Basilika

2.3. Das Barock im 18. Jahrhundert

Pedro de Ribera
Die Einsiedelei der Jungfrau *del Puerto*
Der Einfluss auf andere Bauwerke
Die Kirche des Heiligen Josef
Leonardo Figueroa
Die Kirche des Heiligen Ludwig der Franzosen
Die Kirche der Heiligen Katalina
Einige Besonderheiten
Der Dom von Cádiz

2.4. Das Barock der Akademie

Ventura Rodriguez
Die Kirche des Heiligen Markus
Der Baldachin der *El Pilar* Basilika

Bibliographie

Marta Sebastián López, Eve Bauder

Kuppeln in verschiedenen Epochen (III)
Cúpulas en diferentes épocas (III)

<u>Kuppeln, Materialien und ihre Baumeister</u>

1. Stahlkuppeln und Stahlbaumeister

1.1 Stabschalen
1.2 Geodätische Kuppeln: Buckminster Fuller
1.3 Gitterschalen: Johann Wilhelm Schwedler

2. Betonkuppeln und ihre Baumeister

2.1 Pier Luigi Nervi: Palazetto dello Sport in Rom
2.2 Heinz Isler
2.2.1 Buckelschalen
2.2.2 Überdachung eines Naturtheaters
2.2.3 Tenniszentrum Marin–La Thene

3. Textilmembranen
3.1 Pneumatisch gestützte Membrankonstruktionen
3.2 Luftgetragene Konstruktionen: Das Mediadrom
3.3 Kissenkonstruktionen: Stierkampfarena- Dach in Vista Alegre. (Madrid)
4. Bibliographie
Javier Torner Ruiz de Temiño, Eve Bauder

1.Der Modernismus: Die Bedeutung der Form von Kuppeln
1.1 Aspekte der Charakteristiken des Modernismus
1.2 Beispiele
1.2.1 Der Hauptmarkt Valencias
1.2.2 Der Markt von Colón
1.2.3 Der Galvany Markt in Barcelona
1.2.4 Das Sant Pau Krankenhaus in Barcelona
1.2.5 Der Palau Güell
1.2.6 Der Palau de la Música (Musikpalast)
1.2.7 Der Torre de la Creu (Kreuzturm)
2. Forschung und Entwicklung
2.1 Aspekte von der neuen Bautechniken
2.2 Beispiele
2.2.1 Eduardo Torroja Miret
2.2.2 Emilio Pérez Piñero
2.2.3 Der Viehmarkt in Vitoria
3. Ausstellungshalle
3.1 Beispiel
3.1.1 Der Descubrimientos Pavillon der Expo 92 in Sevilla
4. Sportzentrum
4.1 Beispiele
4.1.1 Die Palau Sant Jordi Sporthalle
4.1.2 Die Mehrzwecksporthalle der Gemeinde Palafolls
4.1.3 Der Sportpalast von Santander
5. Kulturzentrum
5.1 Beispiel
5.1.1 Die Puerta de Toledo Bibliothek in Madrid
6. Bibliographie
Irene Garrido Villalobos, Eve Bauder

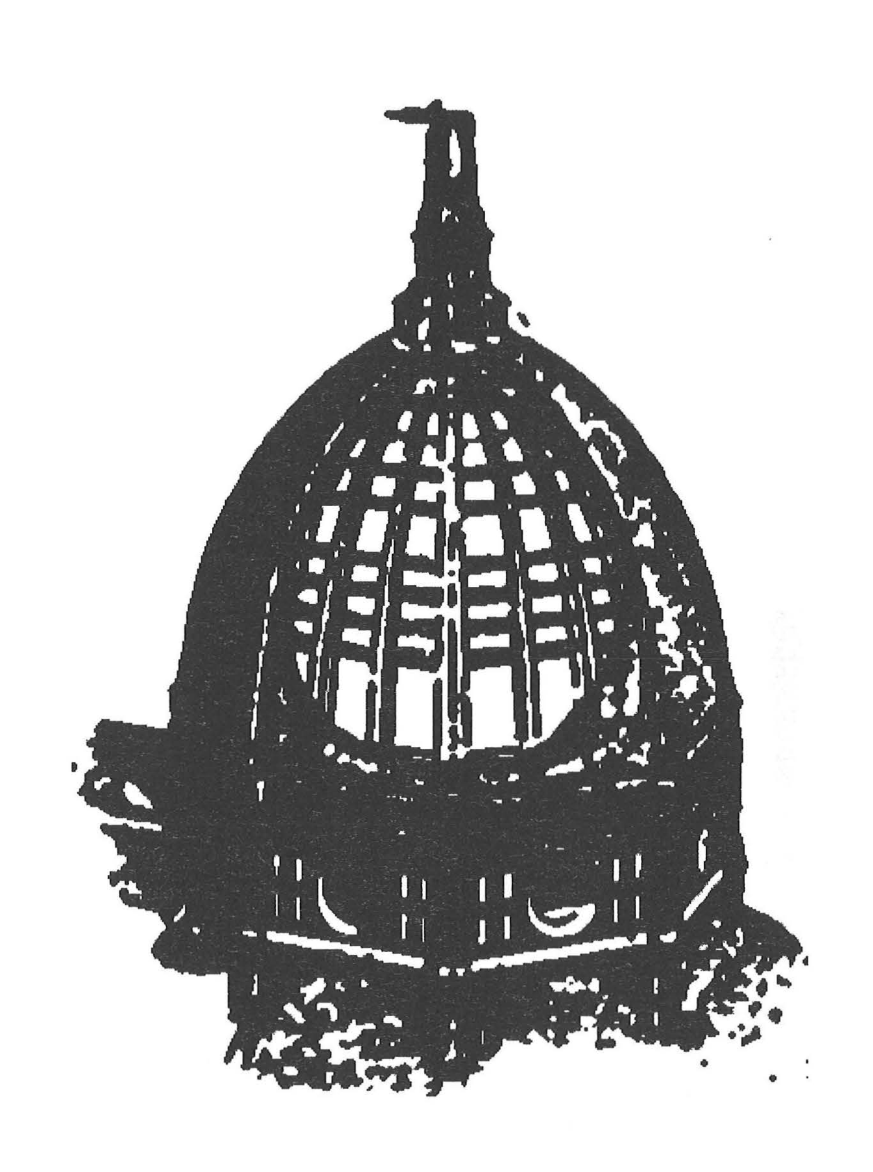
Kuppeln in verschiedenen Epochen (IV)
Cúpulas en diferentes épocas (IV)

Allgemeinsprachliches Vokabular/ *Vocabulario general*

Deutsch-Spanisch/ Alemán-Español
Spanisch-Deutsch/ Español-Alemán

Technisches Vokabular/ *Vocabulario técnico*

Deutsch-Spanisch/ Alemán-Español
Spanisch-Deutsch/ Español-Alemán



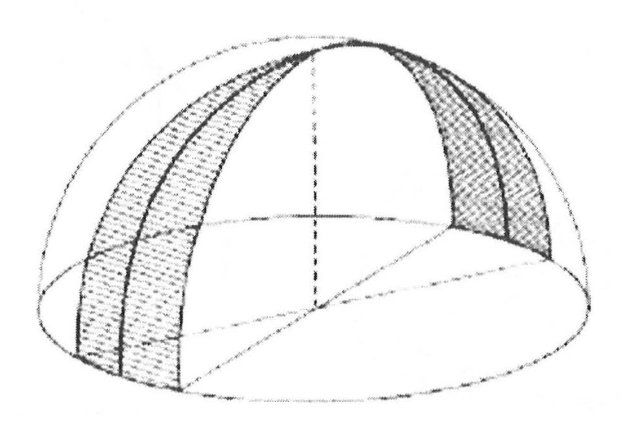
Einführung und Historischer Ablauf der Kuppeln

Die Kuppeln: Einführung

Was ist eine Kuppel?

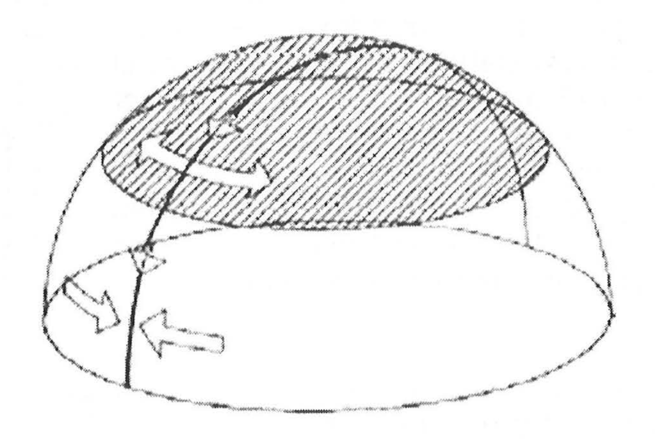
Die große architektonische Aufgabe aller Zeiten war sicher das Thema der Raumüberwölbung. Die Kuppel ist eine von den ältesten konstruktiven Formen.
Eine Kuppel könnte man als Halbkugel oder glockenförmigen, oberen Teil eines Raumes definieren. Sie hat nur einen Scheitelpunkt und wird aus Stein, Ziegel, Holz, Stahl oder, heutzutage, aus Beton und anderen Materialien gebildet. Es gibt Kuppeln mit vieleckigem, kreisförmigem oder ovalem Grundriss als Widerlager. Um das Konzept und die verschiedenen Kuppeltypen zu verstehen, sollten wir zuerst auf das Tragverhalten von Kuppeln eingehen:

- Eine Kuppel ist eine Konstruktion aus vielen Bögen, die konzentrisch angeordnet sind.



- Sie wirkt wie eine Schale, damit sie ihre Last verteilen kann.

- Sie reagiert auf Belastung durch Druck und Zug.

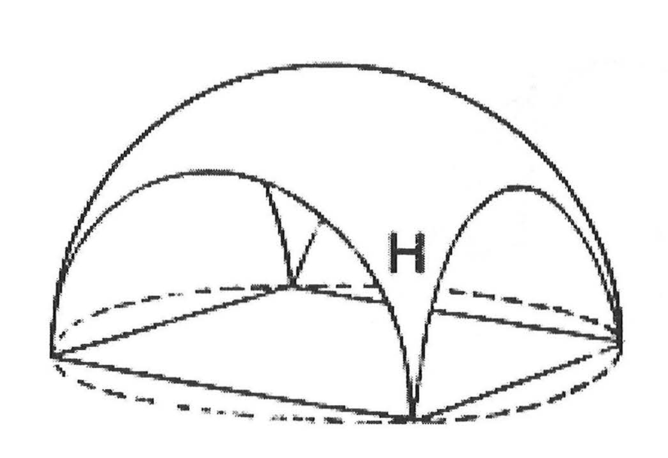


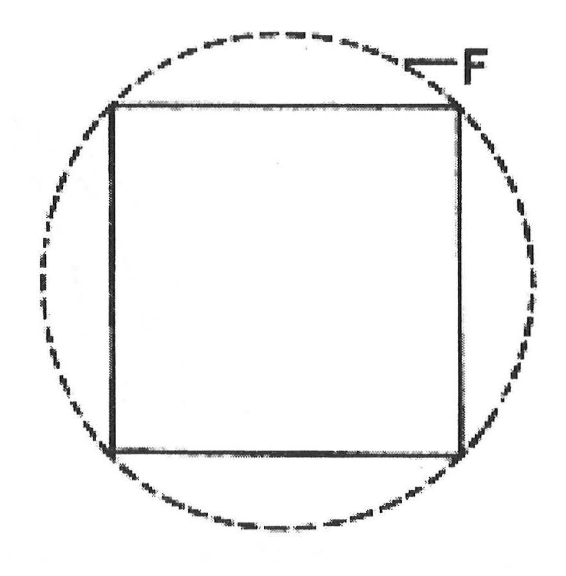
Bauformen und Bauteile der Kuppel

Ein Kuppelgewölbe hat normalerweise die Form einer Halbkugel, die einen kreisrunden Grundriss überwölbt. Man kann es auch auf einer kreisförmigen Mauer (Tambour oder Trommel) finden, die den Kuppelbau höher werden lässt. Der Tambour wurde meist mit Fenstern und Wandnischen gebaut.

- **Hängekuppel**

  Eine Hängekuppel hat die Form einer Halbkugel, die den gleichen Radius des Umkreises (Fuβkreis) des quadratischen oder polygonalen Grundrisses hat und über den Kanten des Polygons abgeschnitten wird. Das Ergebnis ist eine Konstruktion, die wie das Kuppelgewölbe die Lasten gleichförmig aushält. Diese Traglasten werden über die Bögen, die sich auf die Polygonecken stützen, umgeleitet. Die Hängekuppel wird auch Schirmkuppel genannt.

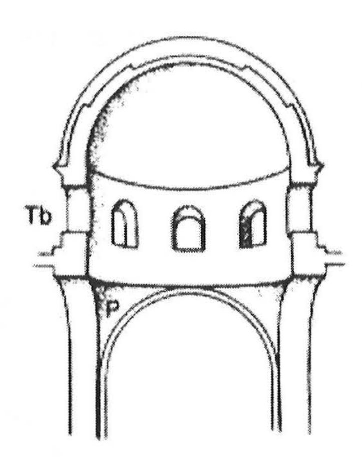




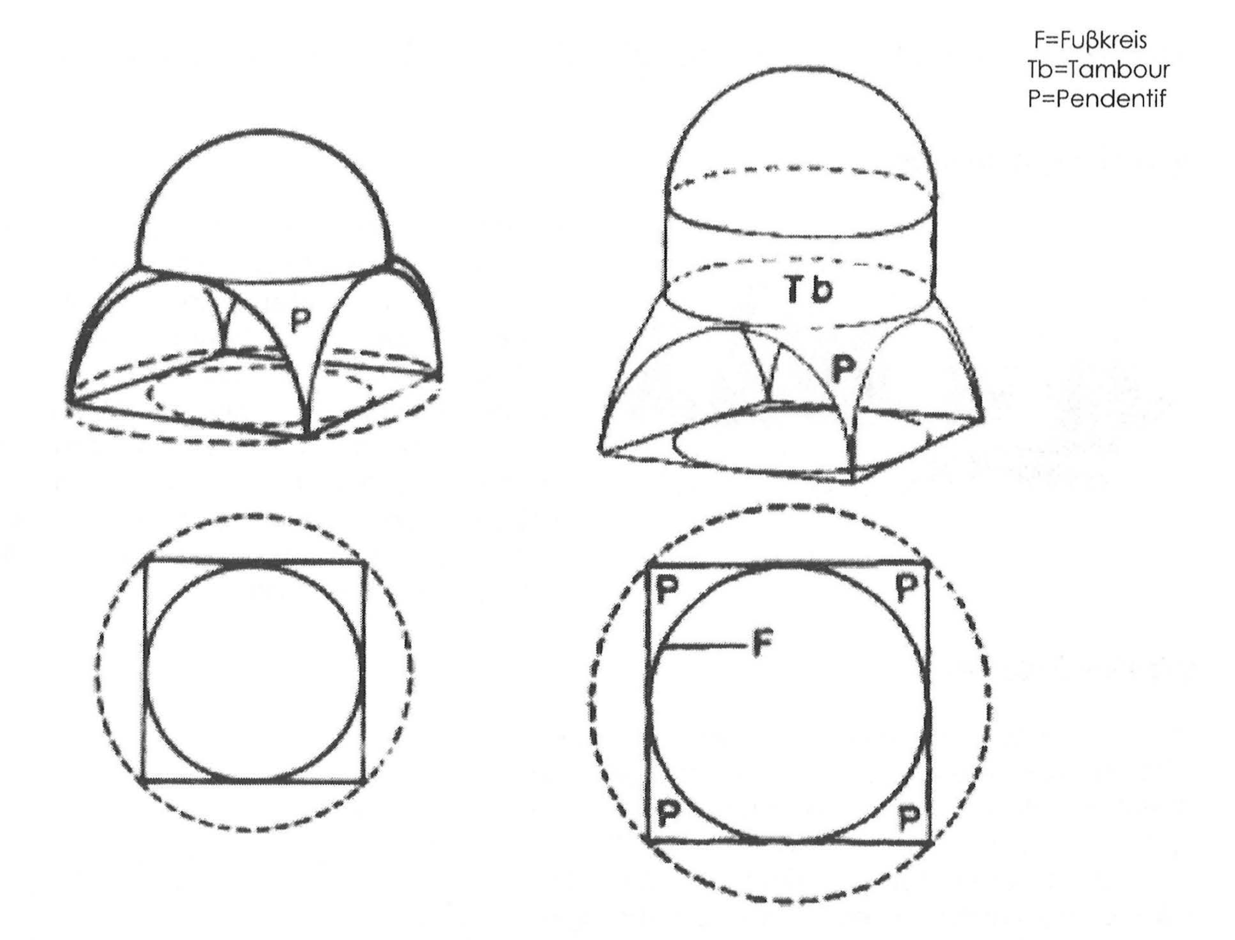
H = Hängekuppel
F = Fuβkreis

- **Pendentifkuppel**

  Die Pendentifkuppel ist eine halbkugelförmige Kuppel, die auf einen quadratischen oder rechteckigen Grundriss gebaut wird. Diese Kuppel wird durch sphärische Gewölbezwickel oder Pendentifs dem Grundriss angeschlossen. Diese „Pfeiler" werden an den Ecken des polygonalen Grundrisses angebracht und mit Rundbögen abgeschlossen. Sehr oft wird ein Tambour zwischen den Pendentifs und den Kuppeln konstruiert.[1]



[1] In der türkischen und indischen Architektur werden die Pendentifs durch Trompen und türkische Dreiecke funktionsgleich ersetzt, d. h. es werden die Ecken, anstatt der Kugel-Segmente, mit Pyramiden (oder anderen Kegel-Segmenten) gefüllt.



- **<u>Kalottenkuppel (Flachkuppel)</u>**

  Eine Kalottenkuppel oder Flachkuppel ergibt sich, wenn der Fußkreis (Umkreis) im weiteren Umfeld des Grundrisses liegt. Das Ergebnis ist eine flachere Kuppel als die Hängekuppel.

<u>Wann werden Kuppeln als Bauform benutzt?</u>

Kuppeln können das Maximum eines Raumes mit dem Minimum einer Oberfläche überwölben. Ihre Materialkosten sind relativ niedrig. Dank ihrer doppelten Krümmungen werden sie heutzutage oft benutzt, um große Räume zu decken.
Die Entwicklung von Kuppeln und Materialien steht in engem Zusammenhang. Früher waren die Kuppeln aus Ziegel oder Stein. Im Mittelalter wurde Holz am meisten benutzt. Normalerweise war eine Holzkuppel nur eine Schutzbedachung unterhalb einer Ziegelkuppel. Die Kuppeln mit dünnen Wänden aus Stahlbeton kommen sehr häufig in bestimmten Ländern vor, konkret dort, wo die Arbeitskraft sehr billig ist. Dank ihrer Schalung können sie eine beliebige Form haben, was die Kosten erhöhen kann. Für größere Räume werden normalerweise Stabwerkskuppeln (siehe „Kuppeln des 20. Jahrhunderts") benutzt.

Die Entwicklung der Kuppel (Historischer Ablauf und Beispiele)

Frühe Überdachungen



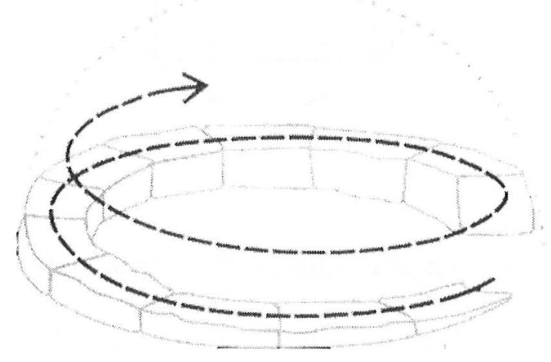
„Jurten" in Usbekistan

In der Terra Amata bei Nizza können wir die ältesten Wohnbauten finden. Die 400 000 Jahre alten Windschirmhütten werden aus Holz, Reisig oder Schilf gebaut. Zu jener Zeit zwang das Nomadenleben die Menschen Materialien, die zu ihrer näheren Umgebung gehörten, zu benutzen. Ein Beispiel dieser Bauweise (Form und Material) sind unter anderem die „Jurten" in Usbekistan.

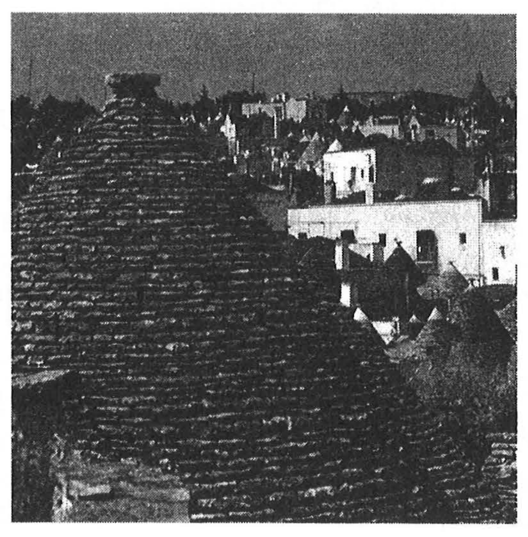
Unechte Kuppeln

Das Bausystem der unechten Kuppeln ist sehr einfach, da diese aus sich überkragenden Steinschichten mit horizontalen Fugen gebildet werden. Dieses System funktioniert nur als Überwölbung kleiner Räume. Die Eskimos benutzen dieses System, um ihre Iglus zu bauen. Das Setzen der Steine folgt einer spiralförmigen Vorlage, da der Aufbau über Reibung in den horizontalen Fugen und über Druckkontakt der Steine in Ringrichtung funktoniert. Die echten Kuppeln, im Gegensatz zu den unechten, benötigen einen oberen Schlussstein, um die Lasten auszugleichen.

Beispiele unechter Kuppeln finden wir in Süditalien. Die „Trulli" sind kegelförmige, primitive Wohnhütten aus Naturstein. In Syrien und anderen Mittelmeerländern wurden sie aus Stein und Lehmziegeln gebaut. Später, als sich die kegelförmigen Hütten in rechteckige weiterentwickelten, wurden erstere nur noch als Grabanlagen benutzt. Die bekannteste dieser Konstruktionen ist das Schatzhaus des Atreus von 1250 v. Chr. in Micenas (Griechenland). Es handelt sich dabei um eine unechte Kuppel aus Stein, die eine Spannweite von 14,50 m hat.



Bausystem der Eskimos

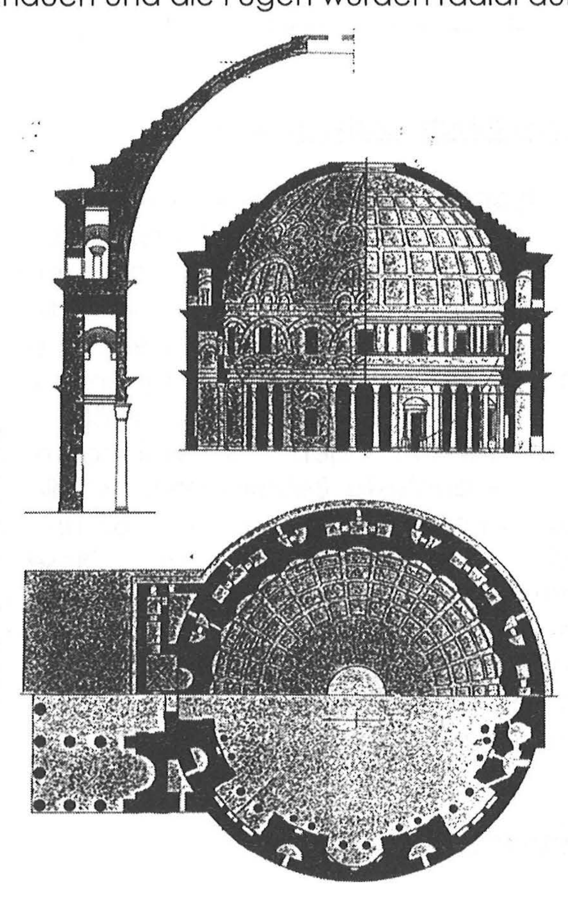


Trulli in Süditalien

Römische Kuppeln

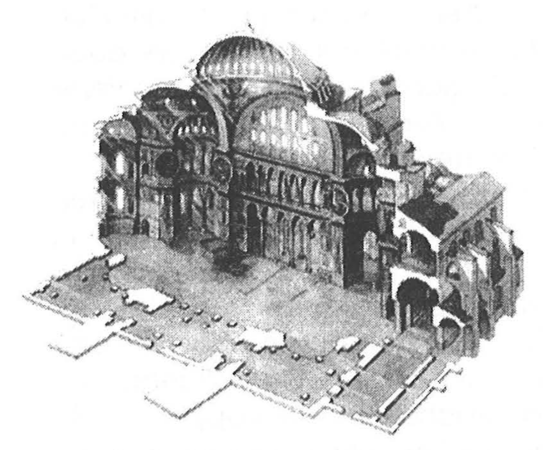
Trotzdem wurden nicht zu viele Kuppeln im alten Griechenland gebaut. Es war in Rom, in der Zeit von 100 v. Chr. bis 300 n. Chr., als die Römer die ersten echten Kuppeln bauten. Die Steine wurden exakt behauen und die Fugen wurden radial auf den Mittelpunkt der Kuppel gesetzt. Die Römer überwölbten ihre Thermen, Tempel und Paläste mit Kuppeln. Mit der Entdeckung des römischen Betons[2] und dem Gebrauch der leichten Materialien wie Tuffstein, konnten Kuppeln schneller und effektiver konstruiert werden. Um diese Kuppeln zu errichten, wurde eine feste Schalung benötigt.

Das Pantheon Hadrians in Rom ist ein Beispiel von einer unechten Kuppel, die aus nacheinander folgenden Lagen von Steinen gebaut wurde. Die Kuppelinnenfläche entspricht einer Halbkugel, mit einem Durchmesser von 43,44 m. Sie ist immernoch die größte Kuppel aus Bruchstein der Welt. Die Kuppel und die Kuppeldecke wurden aus römischem Beton gefertigt. Die Kuppeldecke ist eine Kassettendecke, um das Volumen der Kuppel zu mindern. Innerhalb vom Gebäude wird eine perfekte Sphäre aufgezeichnet. Für die alten Römer symbolisierte diese Kugelgeometrie das Himmelszelt.



Pantheon Hadrians in Rom

Byzantinische Kuppeln



Hagia Sophia Kirche in Istambul

Das Byzantinische Imperium war das Erbe der römischen Technologie. Doch gibt es Unterschiede: während in Rom die Kuppeln einen runden oder mehreckigen Grundriss haben, zeigen sie in Byzanz einen quadratischen Grundriss auf, der am Anfang von Hängekuppeln und später auch von Pendentifkuppeln überdeckt wurde. Zwischen der Kuppelkalotte und dem tragenden Unterbau gibt es den so genannten Tambour. Byzantinische Kuppeln wurden normalerweise aus Ziegeln und dicken Mörtelschichten gebaut. Das Hauptbeispiel dieser Zeit ist die Hagia Sophia

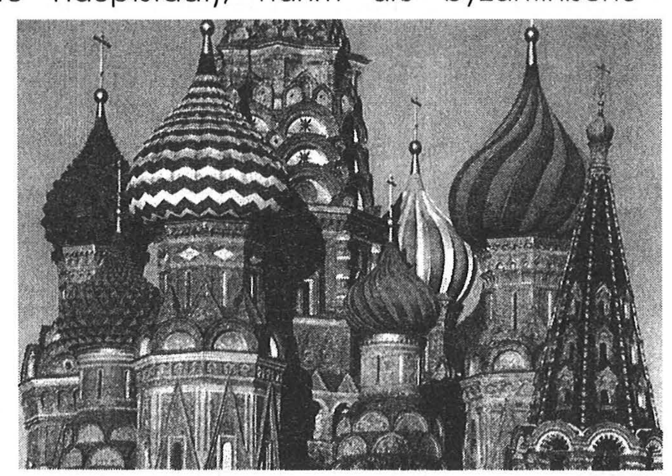
---

[2] Römischer Beton oder Kalkbeton bestand aus gebranntem Kalk, Wasser und Sand (dem Mörtel) gemischt mit Bruchsteinen.

Kirche in Konstantinopel (heute Istambul). Sie wurde im 6. Jahrhundert n. Chr. unter Kaiser Justinian I erbaut. Die Bedachung der Hagia Sophia Kirche ist eine Kombination von Kuppeln, Bögen, Halbkuppeln und Tonnengewölben, die einen freien Zentralraum von 75 x 30 m decken. Die Hauptkuppel hat einen Durchmesser von 31,87 m und eine Höhe von 56,60 m. Die Hagia Sophia wurde zum Modell weiterer islamischer Kuppelbauten.

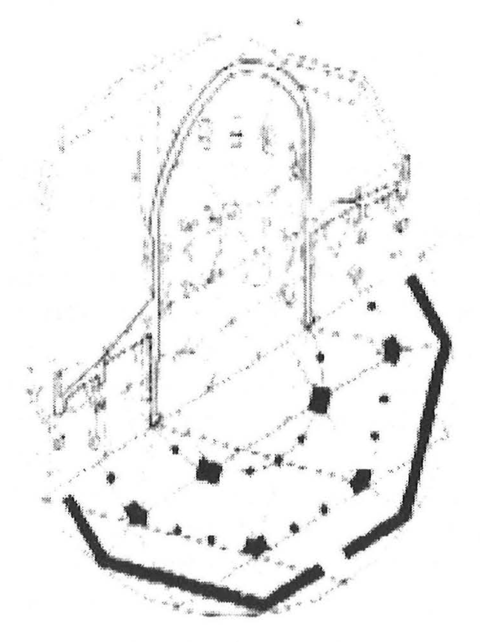
Byzantinisch-russische Kuppeln

Die typische Zwiebelkuppel von den russisch-orthodoxen Kirchen enstand aus dem Einfluss der Vorfahren der Mongolen. Diese primitive russische Kirche, wie zum Beispiel die Sophienkathedrale in Kiew (erste Hauptstadt), nahm die byzantinische Kugelgeometrie an, während die späteren Bauten die Zwiebelkuppel benutzten. Die Form dieser Kuppeln war und ist sehr praktisch, um größere Schneeanhäufungen zu verhindern. Das bekannteste Beispiel dafür ist die Basilius Kathedrale, zwischen 1555 und 1561 in Moskau gebaut. Diese Kathedrale hat neun zwiebelförmige Hauptkuppeln, die mit verschieden farbigen Ziegeln dekoriert wurden. Heute ist die Basilius-Kathedrale ein Symbol von Moskau.



Basilius Kathedrale in Moskau

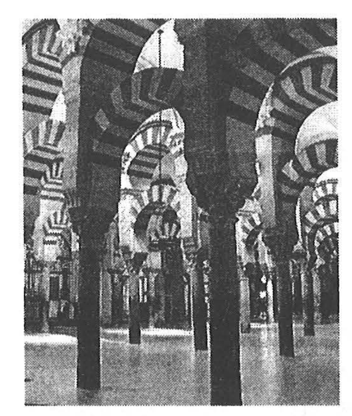
Islamische Kuppeln



Felsendom in Jerusalen

Die islamische Architektur wurde von der arabischen, byzantinischen und iranischen Baukunst beeinflusst. Die Kuppel, der Pfeiler und der Bogen waren die architektonischen Hauptelemente der islamischen Architektur. Kuppeln wurden sowohl auf private als auch offizielle Gebäude gebaut. Später konzentrierte sich der Bau von Kuppeln insbesondere auf Moscheen. Dieser Trend hält bis heute an.

Das bedeutendste Beispiel für den byzantinischen Einfluss ist der Felsendom in Jerusalen, im Jahr 691 n. Chr. gebaut. Seine Kuppel, mit einem Durchmesser von 21,37 m, sitzt auf einem 9,40 m hohen Tambour, um den Übergang zur oktogonalen Grundfläche der Kuppel zu vereinfachen. Diese Kuppel wurde aus Holz gebaut und zweischalig ausgeführt.

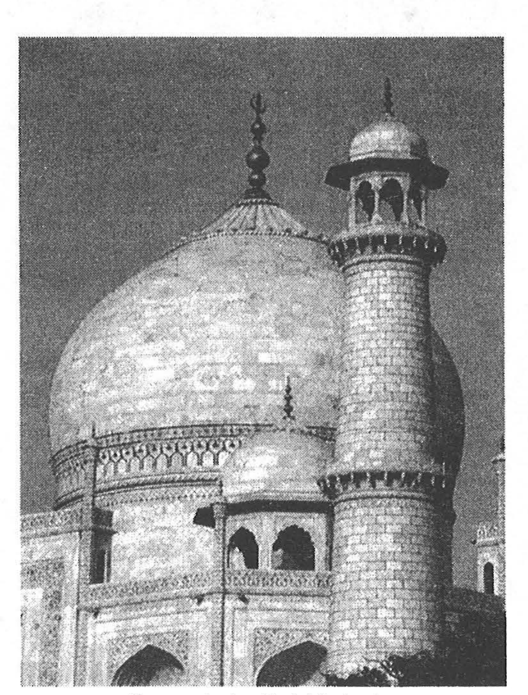


Große Moschee in Córdoba

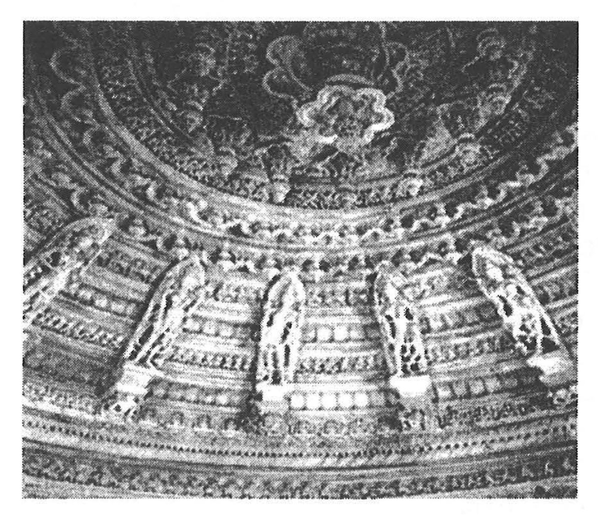
Dieses System wurde später bei Brunelleschi für die Santa Maria del Fiore Kirche in Florenz wiederaufgenommen. Der Gewölberücken der Kuppel wurde mit goldfarbigem Kupfer verkleidet. Diese Holzkuppel ist die älteste der Baugeschichte.
Die große Moschee in Córdoba (siehe ausführliche Beschreibung im 2. Teil dieses Hefts) aus dem Jahre 786 n. Chr. gehört zum Typ der Stützenmoschee und ist eine arabische Erfindung. Dieser Bau besteht nur aus Säulen und Pfeilern, die die Kuppeln und Decken tragen.

Kuppeln in Asien

In Asien findet man die Kuppeln meist über Mausoleen. Alle Kuppeln in Asien haben keine großen Spannweiten und Höhen. Sie wurden aus Ziegeln gebaut und sehr bildhaft und stark farbig dekoriert. In Indien gibt es Kuppeln, die weniger farbenreich sind und aus Sandstein oder Marmor konstruiert wurden. Ein Beispiel dafür ist das Taj Mahal Mausoleum in Agra, gebaut zwischen 1631-1648. Sein Aufbau besteht aus einer zweischaligen Kuppel. Die äußere Schale hat eine Höhe von 61 m, während die innere Schale nur 24,4 m hoch ist. Die äußere Schale ist nicht dekorativ, sondern hat nur eine gestalterische Funktion. Die Zwiebelform der äußeren Schale beeinflusste das Tragverhalten so negativ, dass diese verstärkt ausgeführt werden musste.



Kuppel des Taj Mahals

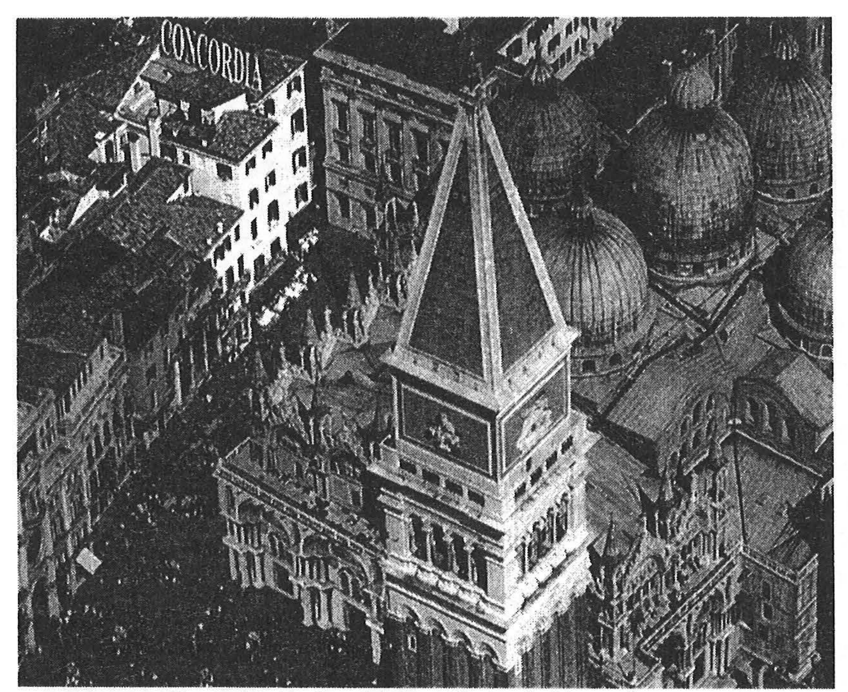


Luna Vashi Tempel in Rajasthan

In den buddhistischen und hinduistischen Kulturräumen gibt es fast keine Kuppelbauten. Das Innere der Bauten wurde sehr plastisch geschmückt, während das Äußere sich nüchtern zeigte. Während in den monotheistischen Religionen das Innere einer Kuppel das Abbild des Himmels repräsentiert, hier spielten die Kuppeln keine große Rolle.

Kuppeln im abendländischen Mittelalter

Im Mittelalter wurden im abendländischen Europa wenige Kuppeln gebaut. Der Grund hierfür ist, dass der Bau der Kuppeln über die römischen Zentralräume ein sehr kompliziertes Gerüst brauchte. Allerdings wurden noch kleine Kuppeln über Kathedralen und Basiliken errichtet. Diese Tendenz der christlichen Baukunst hielt noch bis zur Gotik an, obwohl in der Gotik kaum mehr Kuppel-gebaut wurden. In der Baukunst der Romanik wurden Kuppeln normalerweise mit einer Ringmauer ummäntelt. Darum können wir die Kuppelkonstruktion von außen nicht sehen. Im Inneren dagegen ist der Bau der Kuppel sichtbar. Ein paar Beispiele dieser knappen romanischen Kuppelkonstruktionen sind die Baptisterien in Florenz, Pisa und Parma aus dem 12. Jahrhundert.

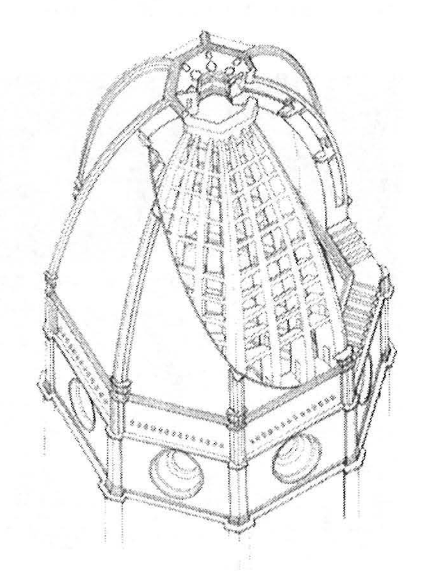


Kuppeln der San Marco Kirche in Venedig

In Venedig vermischten sich die byzantinische Bauweise mit romanischen Elementen und der venezianischen Bauart. Ein Beispiel dieses Bauergebnisses ist die Kirche San Marco in Venedig aus dem 11. Jh. Ihre fünf zweischaligen Kuppeln, die auf Tamboure gebaut wurden, haben Fenster unter der Kuppelbasis und sind von Laternen bekränzt. Die gemauerten Innenkuppeln wurden von einer Schutzkuppel aus Holz überdeckt.

Die Santa Maria del Fiore Kirche in Florenz

Zwischen dem Mittelalter und der Renaissance gab es in Europa einen sehr starken Bauwettbewerb, der verursachte, dass die Gebäude grandioser und höher gebaut wurden. Die Bauzeit des Santa Maria del Fiore Doms dauerte ungefähr 171 Jahre. Der Bau dieser Kathedrale wurde in der Zeit der mittelalterlich-gotischen Einflüsse (1296) begonnen und in der Renaissance (1467) beendet. Als der Baumeister Francesco Talenti im 14. Jh. Den Bauplan des Domes vergrößerte, war zu jener Zeit keine Baulösung bekannt, um die Kuppel der Kathedrale zu bauen. Nach einer Ausschreibung im Jahr 1418, bekam der


Baulösung der Kuppel von Brunelleschi

Baumeister Filippo Brunelleschi die Aufgabe, die Kuppel auf dem bereits gebauten Tambour zu errichten. Die Kuppel, mit einer Spannweite von 42 m, wurde als Klostergewölbe gebaut und mit einer 16 m hohen Laterne gekrönt. Filippo Brunellschi erfand neue Bautechniken für den Kuppelbau. Diese Innovationen beinhalteten die zweischalige Rippenkonstruktion der Kuppel, den massiven Holzring und eine neue Mauerwerkstechnik, die ein leichtes Gerüst benutzte. Diese Neuerungen beeinflussten die Architektur der nächsten Jahrhunderte. Die Kuppel der florentinischen Kathedrale ist bis heute die größte gemauerte Kuppel der Welt.

Kuppeln in der Renaissance

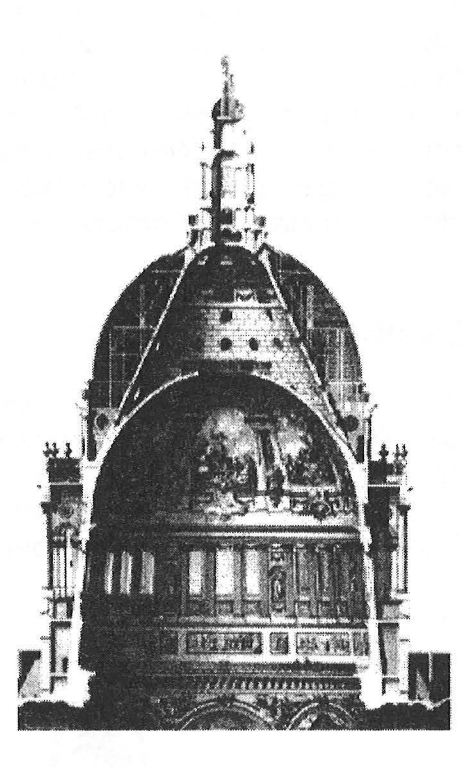
Der Zentralbau war die Hauptfigur des Kirchenbaus der Renaissance, der noch von der längsgerichteten Orientierung der Basilika beeinflusst wurde. Für die Christen symbolisiert der kreisrunde Grundriss im Mittelpunkt des Gebäudes die Allgegenwärtigkeit Gottes. Die Kuppel dieses Zentralbaus folgte dem Vorbild des Pantheons, wie zum Beispiel bei der Villa Capra in Vicenza von Andrea Palladio und dem Tempietto di San Pietro in Montorio in Rom von Donato Bramante.

Die Santa Maria della Grazie Kirche in Mailand, ebenfalls von Bramante, ist ein gutes Beispiel dieses Längsorientierungs-einflusses. Aber das bekannteste Beispiel der Renaissance ist die Basilika von San Pietro im Vatikan in Rom. Michelangelo Buonarotti benutzte die Lösung von Brunelleschi in Florenz für den Kuppelbau von San Pietro. Sechzehn Rippen halten das Gewicht des Tragwerks aus, um die Form der zwei Schalen zu kontrollieren. Die Innenschale ist wie eine Halbkugel; im Gegensatz dazu hat die Außenschale eine spitzere Form, um das Trag-verhalten der Kuppel zu verbessern. Die Kuppel dieser Basilika wurde auch mit einer Laterne gekrönt.

Kuppelschnitt der Basilika von San Pietro

Kuppeln des Barock

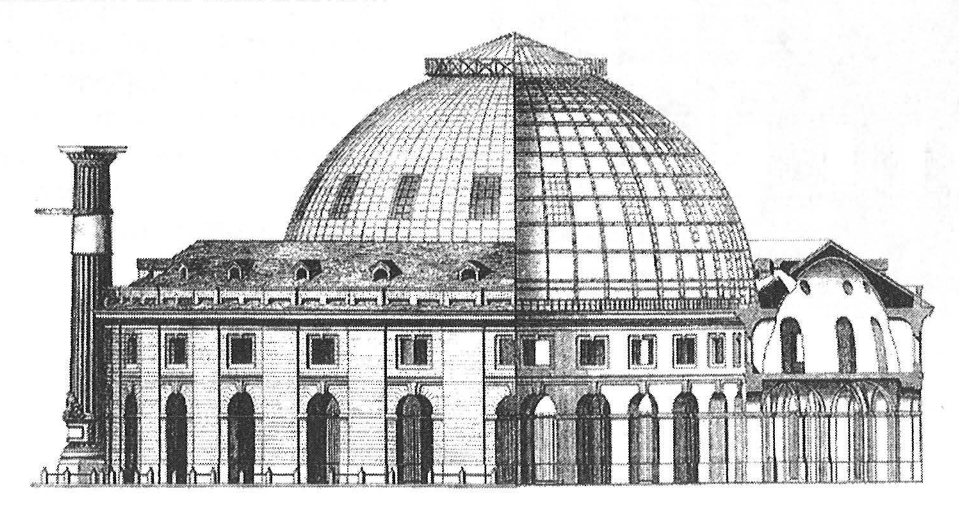
Im Barock wurde der Kuppelbau weiterentwickelt und viele verschiedene Kuppelformen ausgebildet. In dieser Zeit wurden Straßen, Plätze und auch Gebäude mit Kuppeln nach einem Raumordnungsplan geordnet. Die Konstruktion der barocken Baukunst war sehr pompös. Der Barock wurde von Italien über Europa bis zu den amerikanischen Kolonien hin ausgedehnt. Das älteste Beispiel des Kuppelbaus im Barock ist die Il Gesu Kirche in Rom von Giacomo della Porta (1584). Die Kuppel dieser Kirche wurde mit Fenstern im Tambour gebaut, um die Kuppelbasis auszuleuchten. Die Kuppel von Sir Christopher Wren für die St. Paul's Kathedrale in London (1676) ist ein Beispiel des fast klassizistischen Barocks in Großbritannien. Um diese Kuppel zu bauen, benutzte Wren eine Halbkugelform für die aus Ziegeln gemauerte Innenschale, eine tragende auch aus Ziegeln gemauerte Konstruktion in der mittleren Schale, welche die Laterne trägt und eine dünne Schutzkuppel mit einer Holzstruktur.



Kuppelbau der St. Paul's Kathedrale

Kuppeln des Klassizismus

Im Klassizismus wurden Kuppeln auch über öffentliche Gebäude gebaut. Auf Grund des Aufklärungszeitalters vervielfachte sich der Bau der Bildungsgebäude, wie zum Beispiel Museen, Bibliotheken und Universitäten, während der Kirchen- und Schlösserbau zurückging. In dieser Zeit existierten neue Baukenntnisse im Kuppelbau. Alte Bauelemente wurden zwar noch benutzt, aber hier hatten sie neue Baufunktionen. Mit der Benutzung des Gusseisens als neues Baumaterial im 18 Jh. konnte man dünne und kräftige Bauelemente anfertigen. Ein Beispiel dafür ist die „Halle Au Blé" in Paris von Bélanger und Brunet aus den Jahren 1809-1813, die nur aus Gusseisenstäben und Glas besteht.



„Halle Au Blé" in Paris von Bélanger und Brunet

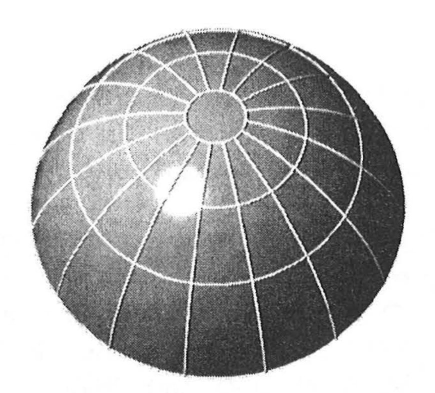
Kuppeln des 20. Jahrhunderts

- **Stabwerkskuppeln aus Stahl**

Dank der Forschung und Entwicklung der Baukunst im 19. Jh. wurde Eisen von Stahl abgewechselt. Diese Stahl-Glas-Kuppeln oder Rahmenkuppeln wurden aus dickeren und schwereren Stahlstäben in rigider Viereckform gebaut und waren zunächst nur für kleine Kuppeln gedacht.
Ein feinerer Typ von Stabwerkskuppeln sind die Gitterkuppeln, die aus dreieckigen Maschen gebaut wurden. Der Bau dieser Maschen ist komplex, weil sie viele verschiedene Knotenwinkel und Stablängen haben. Diese Stahlstäbestruktur wurde normalerweise mit Holz, Kunststoffplatten oder Acrylglas ummantelt. Diese Platten haben auch eine Strukturfunktion, da sie ihre Eigenlast und die Wind- und Schneelasten auf der Stabwerkkuppel abtragen.
Danach kamen die Lamellenkuppeln, die mit drei Bündeln von Stahlstäben und gleichseitigen Dreiecken gebaut wurden. Im Jahr 1863 entwarf der deutsche Bauingenieur Johann Wilhelm Schwedler einen Stabwerksaufbau, in dem jeder horizontale Ring gleiche Stäbe und Knoten hatte. Die nach ihm benannten „Schwedlerkuppeln" simplifizierten den Bau der Stahlmaschen von den Stabwerkskuppeln, doch gab es noch Probleme mit der Materialverdichtung zum Scheitel. Dieses Problem wurde vom nordamerikanischen Architekt Richard Buckminster Fuller aus der Welt geschafft. Im Jahr 1947 entwarf „Bucky Fuller" die Geodätische Kuppel, die auf der Basis eines Ikosaeders mit zwanzig gleichseitigen Dreiecken gebaut wurde. Wegen dieser Konstruktion hat sie eine gleichmäßige Stabbelegung. Es ist unmöglich eine absolut vollständige Klassifizierung der Stabwerkskuppeln vorzunehmen da sie so abwechslungsreich sind. Dennoch können wir die bekanntesten in der folgenden Tabelle finden:



„Bucky Fuller" und seine Geodätische Kuppel



Rahmenkuppel

Geometrische Erzeugung der Struktur:

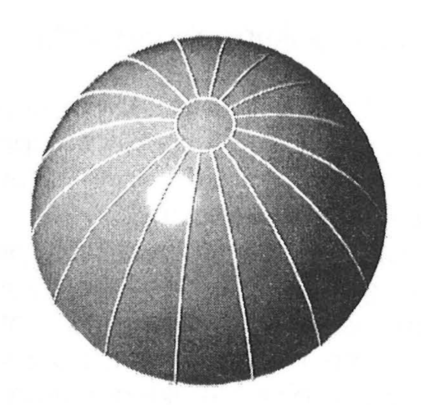
- Stäbe in Meridian- und Ringrichtung, biegesteife Knoten

Vorteile:

- einfaches rotationssymmetrisches Prinzip
- gleiche Elemente innerhalb eines Meridianringes

Nachteile:

- materialaufwendig
- hoher manueller Montageaufwand (Knotenverbindungen)
- ungeeignet für Vorfertigung
- Verdichtung der Stäbe am Scheitel oder Einsatz eines Druckringes
- ungeeignet für ungleiche Belastungen
- Auftreten von Biegung
- Auftreten von Maschenverschiebung
- keine echte Schalentragwirkung



Rippenkuppel

Geometrische Erzeugung der Struktur:

- aus einer Anzahl gleicher radial verlaufender Rippen aus Stegprofilen oder Fachwerken
- Verbindung der Rippen am Scheitel gelenkig oder starr.

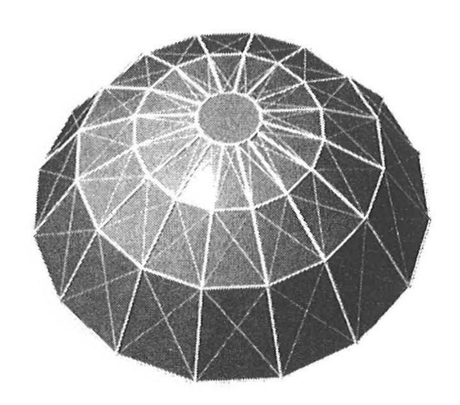
Vorteile:

- ökonomisches Tragwerk aus Holz oder Stahl
- einfache Montage mit zentralem Montageturm

Nachteile:

- Verdichtung der Stäbe am Scheitel
- balkenartiger Träger, Auftreten von Biegung
- eignet sich nur für Holz
- keine Schalentragwirkung
- Eignung nur für Regelkörper

Text und Bilder der Tabelle: Tamara Hölzl (Technische Universität München / Fakultät für Architektur)



Schwedlerkuppel

Geometrische Erzeugung der Struktur:

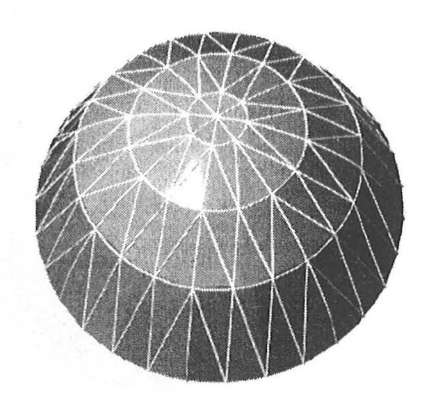
- Stäbe in Meridian- und Ringrichtung, Diagonalenaussteifung in den Vierecken

Vorteile:

- Ausnutzung der Schalentragwirkung

Nachteile:

- Verdichtung der Stäbe am Scheitel oder Einsatz eines Druckringes
- Herstellungsaufwand wegen ungleicher Stablängen und ungleicher Knotenwinkel
- Eignung nur für Regelkörper



Kievitt-Kuppel

Geometrische Erzeugung der Struktur:

- aus Sektoren, die durch Scharen von Lamellen in Richtung der den Sektor begrenzenden Hauptrippen mit/ ohne Breitenkreise versteift werden.

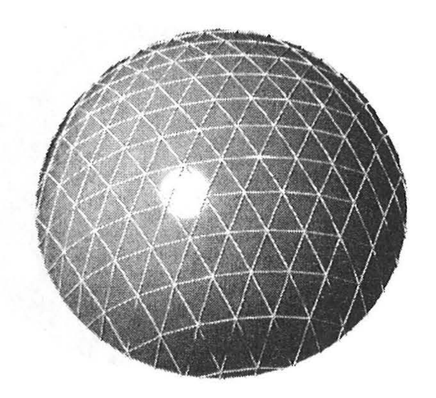
Vorteile:

- Schalentragwirkung

Nachteile:

- Herstellungsaufwand wegen ungleicher Stablängen und ungleicher Knotenwinkel
- Eignung nur für Regelkörper

Text und Bilder der Tabelle: Tamara Hölzl (Technische Universität München / Fakultät für Architektur)

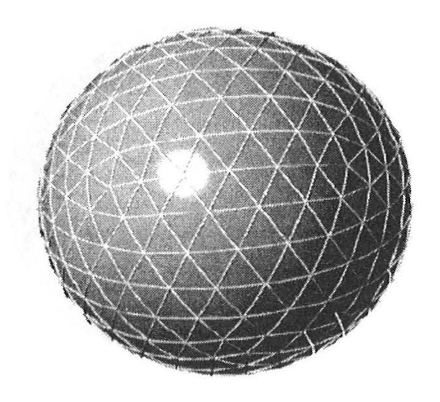


Dreiläufige Rostschale

Geometrische Erzeugung der Struktur:
- aus drei Scharen von Stäben

Vorteile:
- Schalentragwirkung
- keine Verdichtung der Stäbe am Scheitel oder Einsatz eines Druckringes
- homogene Netzstruktur
- beliebig geformte Flächen möglich

Nachteile:
- nur für flache Kalotten geeignet



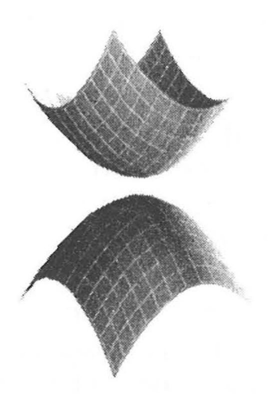
Geodätische Kuppel

Geometrische Erzeugung der Struktur:
- Projektion eines regelmäßigen Polyeders (Tetraeder, Hexaeder, Oktaeder, Dodekaeder, Ikosaeder) auf eine Kugeloberfläche

Vorteile:
- Schalentragwirkung
- keine Verdichtung der Stäbe am Scheitel
- homogene Netzstruktur
- möglichst viele gleiche Stäbe und Knoten
- für Kugelgitterschalen, die sich über die Halbkugel hinaus nach unten einschnüren, geeignet

Nachteile:
- ungeeignet für flache Kalotten wegen schwingender Ränder
- Vorkommen von Sonderstablängen
- Eignung nur für Regelkörper

Text und Bilder der Tabelle: Tamara Hölzl (Technische Universität München / Fakultät für Architektur)

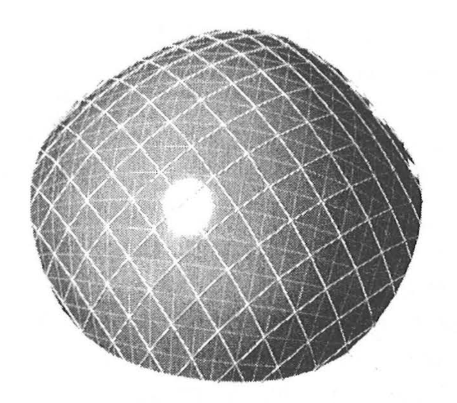


Gitterschale

Geometrische Erzeugung der Struktur:
- Verformung eines Vierecknetzes, anschließende Fixierung der Knoten und Ränder zur Aussteifung

Vorteile:
- keine Verdichtung der Stäbe am Scheitel oder Einsatz eines Druckringes
- homogene Netzstruktur
- Schalentragwirkung
- beliebig geformte Flächen möglich
- mechanischer Formfindungsprozess

Nachteile:
- Maschen erzeugen verwundene Flächen
- nur für bestimmte Materialien geeignet (Holz)



Netzwerkschale

Geometrische Erzeugung der Struktur:
- Grundraster aus Vierecksmaschen, Verspannung mit Diagonalseilen, Maschen können als Translationskörper aufgefasst werden

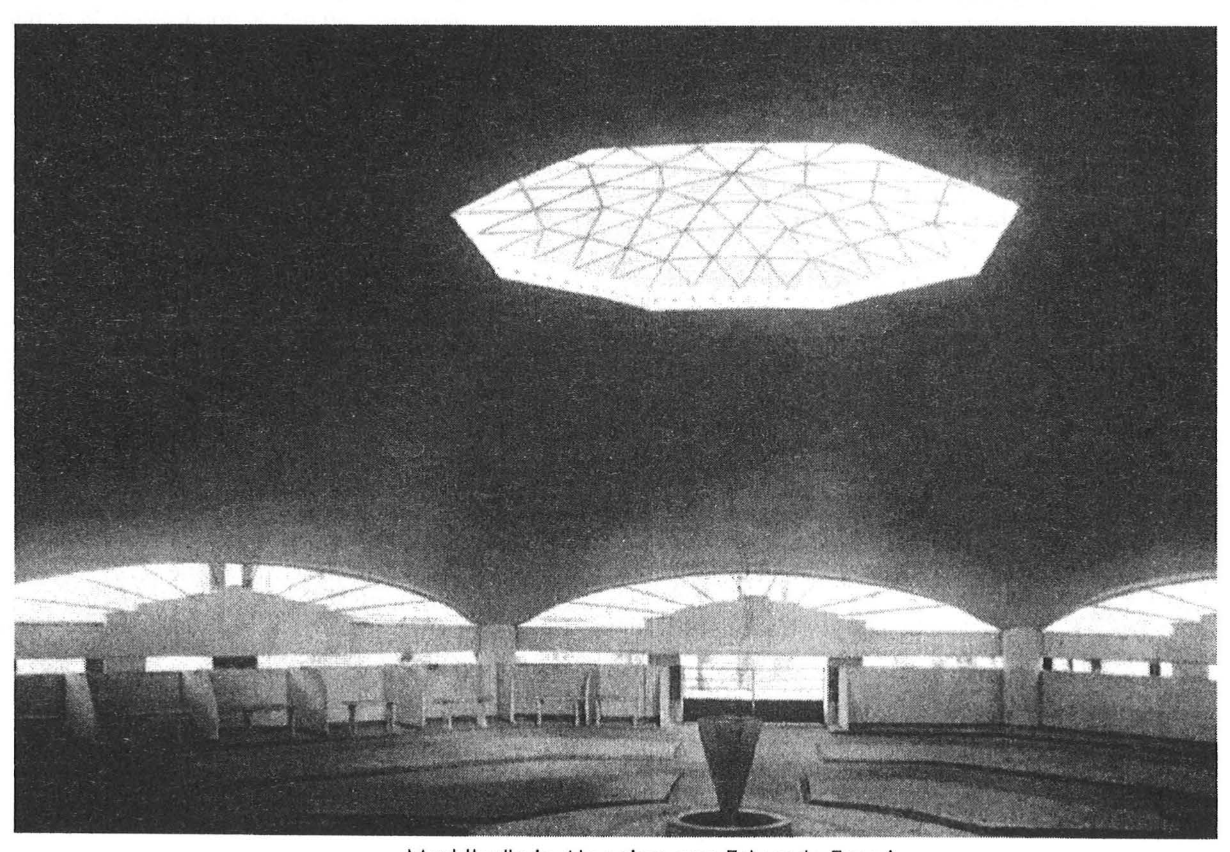
Vorteile:
- keine Verdichtung der Stäbe am Scheitel oder Einsatz eines Druckringes
- homogene Netzstruktur
- gleiche Stablängen (bei Regelkörpern)
- ebene Maschen
- Schalentragwirkung
- beliebig geformte Flächen möglich

Nachteile:
- erfordert präzise Montage
- nicht für sehr starke Krümmungsbereiche freier Formen geeignet

Text und Bilder der Tabelle: Tamara Hölzl (Technische Universität München / Fakultät für Architektur)

- **Stahlbetonkuppeln**

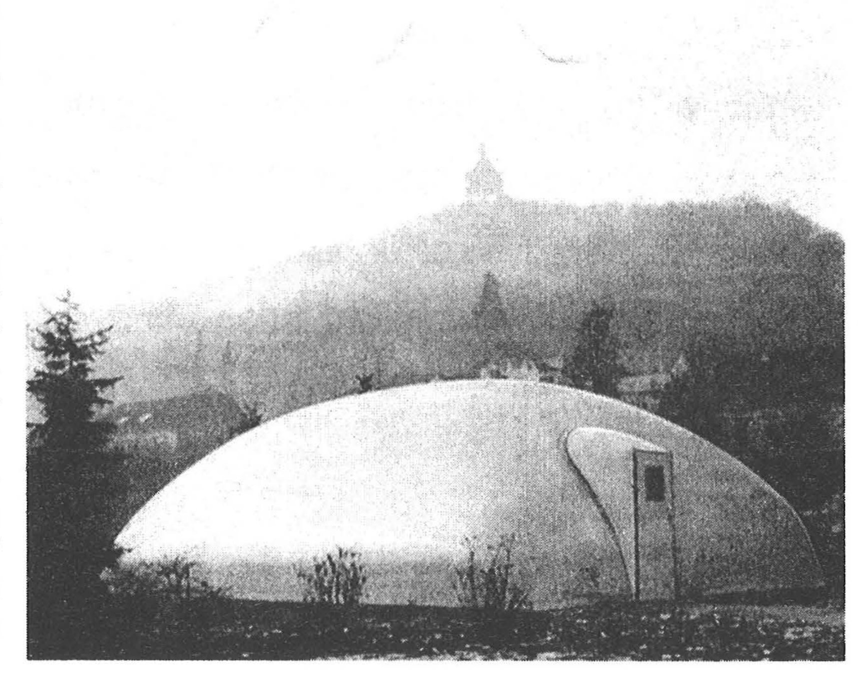
Die Erfindung des Stahlbetons revolutionierte die Baukunst. Mit diesem neuen Material konnte man alle nur denkbaren freien Bauformen konstruieren. Stahlbeton ist ein zug- und druckfestes Baumaterial. Die Zugfestigkeitsschwäche des Betons wurde durch die Einbeziehung der Stahlstäbe gemeistert. Eine andere Weise, um den Beton zu verstärken, ist diese Stahlstäbe vorzuspannen, damit die Zugkräfte verkleinert und Risse vermieden werden können. Die ersten Stahlbetonkuppeln waren Rippenkuppeln. Die Schalen und Kuppelschalen aus diesem Material übten keine Seitenschubkräfte aus. Bei antiken Kuppeln aus Naturstein, römischem Beton oder Ziegelmauerwerk waren die Zugkräfte eine Einsturzquelle. Mit den Neuerungen für den Stahlbetonkuppelbau, die der italienische Architekt Pier Luigi Nervi im Jahr 1960 einbrachte, konnte man Bauten mit großen Spannweiten überwölben. Auf Grund des hohen Preises der Stahlbetonkuppeln finden wir diese insbesondere auf repräsentativen Gebäuden. Ein Beispiel spanischer Stahlbeton-kuppeln ist die Markthalle in Algeciras aus dem Jahr 1933, von Eduardo Torroja entworfen.



Markthalle in Algeciras von Eduardo Torroja

- **Kunststoffkuppeln**

Seit den 50er Jahren wurde mit der Weiterentwicklung des Kuppelbaus mit neuen Materialien experimentiert. Zu Beginn dieser Jahre wurden die ersten zugfesten pneumatischen Schalen aus PVC und Polyester gebaut. Diese Schalen zeigten nicht das typische Bild der Kuppel, das wir bisher gesehen haben, weil diese Schalenkonstruktionen zugbeansprucht sind. Kunststoffkuppeln werden mit zugfesten Baustoffen, sowie mit druckfesten Bauelementen gebildet. Diese Baustoffe bestehen aus Kunststofffasern oder Glasfasergewebe und Stahl- oder Kunststoffseilen und werden nach ihrer Vorspannung zu druckfesten Masten oder Bögen, die die Kuppeln und kuppelähnliche Formen bilden. Es gibt viele Möglichkeiten, um Baustoffe vorzuspannen, aber die bekanntesten zwei Arten sind: erstens, die mechanische Vorspannung, bei der der Bau von festen Bauelementen gehalten wird und zweitens die pneumatische Vorspannung, bei der nur durch den inneren Luftdruck einer Membrane eine druckfeste Schale entsteht, die Wind- und Schneelasten aushalten kann. Diese letzte Art passt besser zur Begriffsdefinition der Kuppel. Ein paar Beispiele dieser pneumatischen Vorspannung sind die Traglufthallen aus den sechziger Jahren und die „air inflated domes"[3] in den siebziger und achtziger Jahren. Das Prinzip der mechanischen Vorspannung zeigt der kuppelähnliche „Millenium Dome" (1996-1999) von Richard Rogers in Greenwich, der auf zwölf Pylonen mit einem Durchmesser von 320 m gebaut wurde.



Traglufthalle aus den 70er Jahren

---

[3] Ein Beispiel eines "air inflated dome" können wir am „Tokyo Dome Stadium" (1988) von Nikken Sekkei in Tokyo sehen.

Bibliographie:

- Escrig, Félix (1994): *La cúpula y la torre*. Sevilla: Fundación Centro de Fomento de Actividades Arquitectónicas.

- Escrig, Félix (1997): *Las grandes estructuras de los edificios históricos: desde la antigüedad hasta el gótico*. Sevilla: Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción.

- Makowski, Z.S. (1968): *Estructuras Espaciales de Acero*. Barcelona: Gustavo Gili.

- http://es.encarta.msn.com/encyclopedia_761555109/C%C3%BApula.html

- http://de.wikipedia.org/wiki/Kuppel

- http://en.wikipedia.org/wiki/Cupula

- http://www.erato.fh-erfurt.de/ar/go/bwa2004/27.pdf

- http://www.lt.arch.tu-muenchen.de/downloads/stabwerksschalen.pdf

- http://www.architekten-ingenieure.de/homepage/seminare/Gewoelbe_new.pdf

- http://geometrie.diefenbach.at/Architektur/Zentralbau/Teil1.pdf

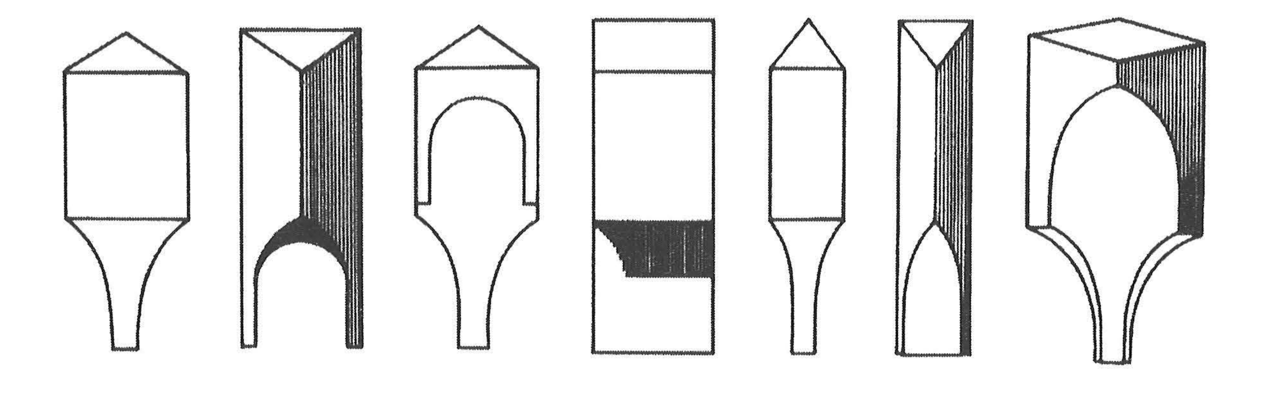
TECHNISCHES VOKABULAR

Deutsch - Spanisch

TECHNISCHES VOKABULAR
Deutsch - Spanisch

r	Bau, ten	construcción
	bauen	construir
r	Baumeister, -	maestro de obras
s	Bausystem, e	sistema constructivo
e	Bedachung, en	cubierta, tejado
e	Belastung, en	carga
r	Beton	hormigón
r	Bogen, ¨	arco
r	Bruchstein, e	mampuesto
s	Bündel, -	haz, fajo ,manojo
	decken	cubrir, techar
r	Durchmesser, -	diámetro
s	Eisen, -	hierro
s	Gebäude, n	edificio
s	Gewölbe, -	bóveda
e	Gitterkuppel, n	cúpula de celosía
r	Grundriss, e	el plano
s	Gusseisen	fundición, hierro fundido
e	Hängekuppel, n	bóveda vaída
s	Ikosaeder, -	icosaedro
e	Kalotte, n	calota
e	Kassette, n	casetón
r	Kegel, -	cono
r	Knoten, -	nudo
r	Knotenwinkel, -	nudo angular
e	Krümmung, en	curvatura
r	Kunststoff, e	plástico
e	Kuppel, n	cúpula
e	Lamellenkuppel, n	cúpula de entramado
e	Last, en	carga
e	Laterne, n	linterna
r	Marmor, e	mármol
e	Masche, n	malla
r	Mast, en	mástil, poste
e	Mauer, n	muro
r	Mörtel, -	mortero
s	Pendentif, s	pechina
e	Pendentifkuppel,n	cúpula sobre pechinas
s	Polygon,e	polígono
r	Pylon, e	pilón
r	Radius, Radien	rádio
e	Rahmenkuppel, n	cúpula nervada
r	Raum, ¨e	ámbito, cuarto
e	Ringmauer	muralla

e	Rippe, n	nervio
e	Schalung, en	encofrado
r	Scheitel, -	coronilla, vértice
r	Schlussstein, e	clave (constr.)
e	Spannweite, n	luz, vano(constr.)
r	Stab, ¨e	barra
e	Stabwerkskuppel, n	cúpula nervada
r	Stahlbeton	hormigón armado
r	Tambour, e	tambor
s	Tonnengewölbe, -	bóveda de cañón
s	Tragverhalten	comportamiento de carga
e	Trommel, n	tambor
r	Tuffstein, e	piedra de toba
	überkragen	volar, sobresalir
	überwölben	abovedar
r	Umfang, ¨ e	perímetro
r	Umkreis,e	circunferencia
	ummanteln	revestir
r	Unterbau, ten	cimiento
e	Vorspannung, en	pretensado
e	Wand, ¨e	pared
e	Wandnische, n	nicho
s	Widerlager, -	contrafuerte, cepa
r	Ziegel, -	teja, ladrillo



Kuppeln, Gewölbe und Bögen der arabischen Kunst in Spanien

Kuppeln, Gewölbe und Bögen der arabischen Kunst in Spanien

Die islamische Architektur

Das schwach ausgeprägte Ritual des islamischen Kultes löste zwei architektonische Sakraltypologien aus: die Moschee *Masjid,* Ort an dem sich die Gesellschaft zum Beten trifft, und die *Madrasa* oder Koranschule. Im Bauingenieurwesen gab es Paläste, *Caravasares* (Gebäude für Männer, Tiere oder Waren auf dem Weg einer Karavane) und die Städte, in denen die Araber nach einem sehr sachlichen Plan den Ablauf der Wasserkanalisation und Sonnenschutzvorrichtungen bauten.

Die wichtigsten Beispiele dieser Sakralbauten:

Die Moschee

Die *Qiblas*-Mauer zeigt die Richtung an, in die die Muslime zur heiligen Stadt Mekka beten sollen. Zu dieser Mauer hin öffnet sich eine kleine Apsis oder Nische, die *Mihrab* heißt. Die weiteren Wände sind Räume mit einem dekorationslosen Dach, gelegentlich aufgeteilt in Bögen über Säulen, parallel oder quer zu dieser Mauer. Diese Anordnung vermeidet die räumliche und hierarchische Gliederung, ein Merkmal der christlichen Architektur.

Die Madrasa

Mit den sogenannten *Abasíes,* d.h. einer Dynastie, die in Bagdad zwischen 762 und 1258 n.C. herrschte, tritt im Iran eine neue Typologie von religiösen Gebäuden auf: die *Madrasa* oder religiöse Koranschule. Ihre Form bewirkte eine neue Art von Moschee, die in vielen Ländern bekannt wurde. Die *Madrasa* und die *Madrasa*-Moschee bestehen aus *Iwanes*, d.h. aus Räumen, die sich in der Achse eines Rechtecks mit großen Bögen zu einem Hof öffnen. Normalerweise hat eine Madrasa Räume, die sich um einen Innenhof herum öffnen und dem Studium dienen. In Gebäuden der Periode der letzten Kalife hat der Hof eine Kuppel. Ab dem 11. Jahrhundert wählten Kalife und Emire diese Plätze für den Bau der Mausoleen. Die Freitagsmoschee im Iran ist das erste Beispiel für eine *Madrasa*-Moschee.

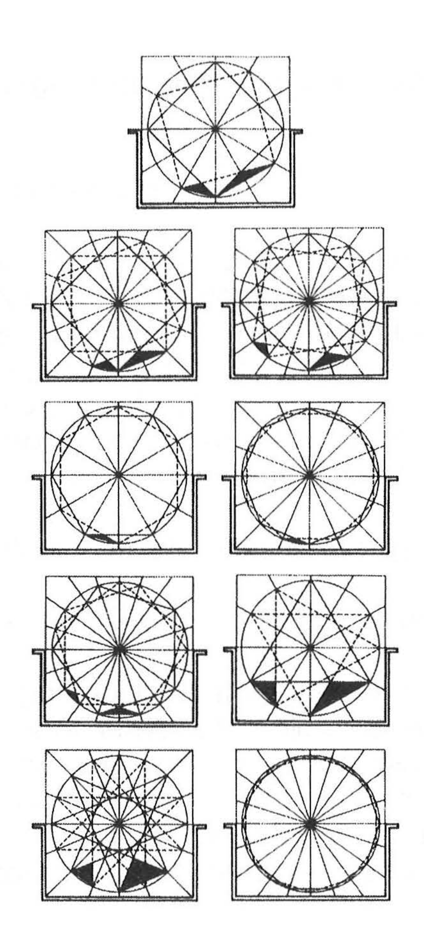
Von der Arabeske bis zur Geometrie

Die Arabeske fängt mit einem gekrümmten Stamm an und verläuft in kleinen und buschigen Ästen an ihrer Oberfläche. Das Ergebnis ist die Ästhetik des *Horror vacui,* d.h. der Angst vor der Leere. Die muslimischen Steinmetze gründeten sich auf die klassische Theorie der Quadrate, d. h. Quadrate, die sich im Kreis drehen, um vom halben Quadrat der Basis bis zur halben Kugel der Decke zu reichen.

Wenn ein arabischer Architekt sich für den Raum und das Spiel mit den Volumen in der Architektur interessierte, dann war er sehr beeindruckt von der plastischen Qualität der Zeichnungen der Arabesken. Aus diesem Grund gewannen die Moscheen, die Paläste und die Grabkapellen eine zusätzliche

Bedeutung neben der materialistischen in der rein baulichen: sie verwandelten sich in „Naturbestandteile", geleitet von einem geometrischen Geist. Folglich sind in der arabischen Kunst die geometrischen Motive und die mathematische Konfiguration keine Dekoration, sondern ein Bild des Kosmos.

Unter den einfachsten Formen waren der Kreis und die sternförmigen Vielecke die meistbenutzten Elemente im Ursprung der geometrischen Entwicklung. Der Radius des Kreises konnte das Maß der Komposition sein, das sich *ad infinitum* durch Multiplikation, Division und Änderungen des Maßstabs bildete. Laut J. Sureda führte dies dazu, dass „sich die geometrische Ordnung der arabischen Kunst in einen Dialog der geheimen Flüsse verwandelte, wie ein Spiegelbild der Einzigartigkeit und der Allgegenwart Gottes".



Geometrische Schemata der Entwicklung der Stalaktiten

Die Funktion des Geometers war unerlässlich, nicht nur für den Plan der Mauer in seiner theologischen und metaphysischen Eigenschaft, sondern auch weil die Natur und die Technologie für die Muslime stark miteinander verknüpft sind.

Die große Moschee von Córdoba

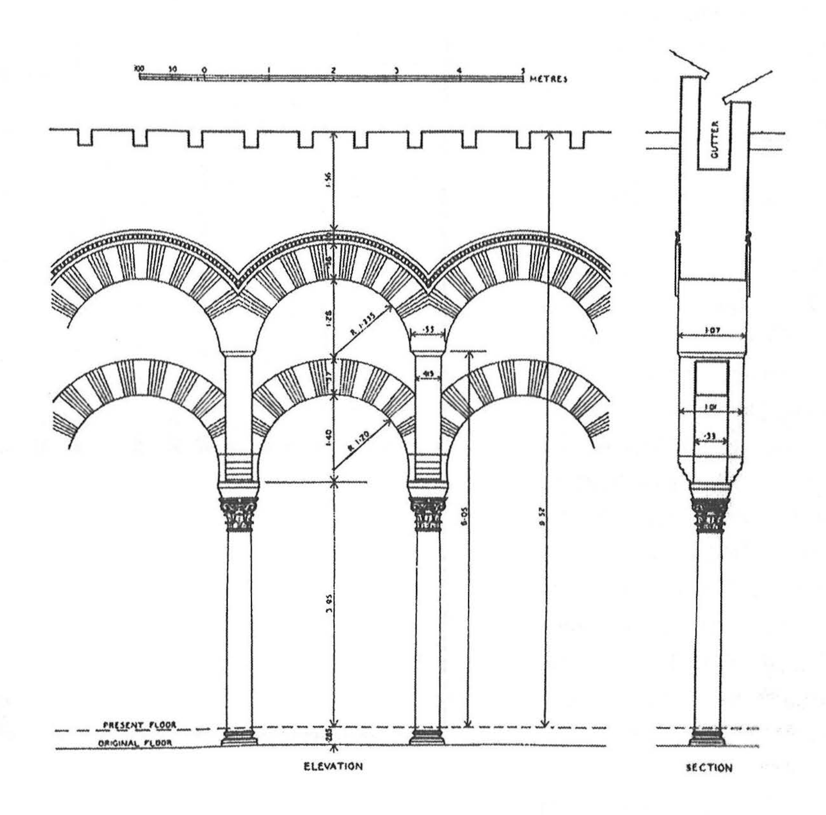
Man kann kein einziges, allgemeingültiges Modell islamischer Moscheen erstellen, da es viele verschiedene gab. Die Ordnung der Räume und die unterschiedliche Dekorationsweise baut auf vielfältige architektonische Konzepte, vom ältesten Rechteckgrundriss der Umayyaden-Periode bis hin zum osmanischen Zentralgrundriss.

Von diesen Umayyaden war die große Moschee von Córdoba eine der berühmtesten. 785 wandelte Abt al-Rahman I den alten, westgotischen Dom von San Vicente in diese Moschee um, um der Erhabenheit der Moschee von Damaskus nachzueifern.

Um das große Dach der Moschee zu halten, benutzten die Muselmänner eine Doppelordnung: in der Basis standen die Säulen, die meisten wieder benutzt, gekrönt mit korintischen Kapitellen, über denen große Pilaster mit

„Hängeleisten" (eine Art Fundament für den Pilaster der 2. Höhe, über dem Kapitell) standen. Der Abstand zwischen den Säulen wurde mit dort verspannten Hufeisenbögen gelöst, die sich zwischen den Pilastern in Halbkreisbögen verwandelten, die das Holzdach und das Abflusssystem hielten.

Eine Besonderheit des Systems sind die ergänzenden Zierdetails, wie zum Beispiel die sich über den Hängeleisten erhebenden Rollsparrenköpfe. Dies macht das System vergleichbar mit verschiedenen Vorbildern, insbesondere dem romanischen Aquädukt *de los Milagros* (Mérida). Daher könnte die Nutzung des Bausystems von Steinen und roten Ziegeln herrühren, was der Moschee von Córdoba ihre Farbigkeit gibt.



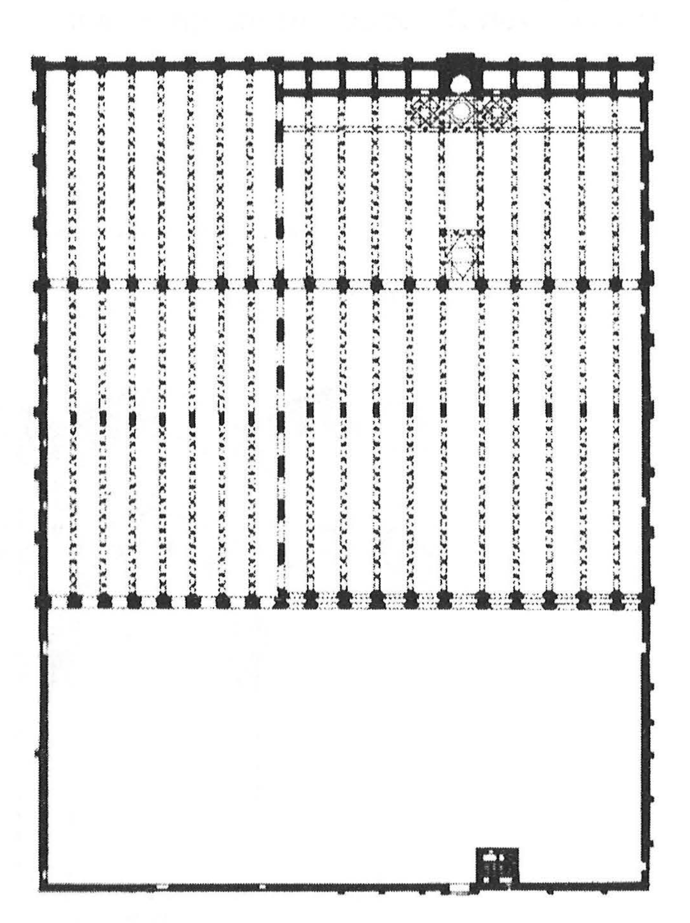
Betsaalarkaden unter Abt al-Rahmans I gebaut

Der Bau der Moschee wurde vom Sohn Abt al-Rahmans I, Hisam I weitergeführt, der das primitive Minarett errichtete, von dem nur noch die Grundmauern bekannt sind. Córdoba wuchs sehr schnell und die Moschee war bald nicht mehr ausreichend für die große Einwohnerzahl. Abt al-Rahman II führte die erste große Erweiterung aus und ab 833 erweiterte er die Moschee um zwölf Joche nach Süden, wo heute noch die ersten islamischen Kapitelle stehen.

Abt al-Rahman II renovierte auch die Fassade der Gebetsäle und baute ein neues Minarett mit zweckmäßigen Proportionen.

Diese Bauperiode, begonnen unter Abt-al-Rahman II, erreichte ihren Höhepunkt mit Al-Hakam II, der die Moschee von Córdoba zu einem der bedeutendsten Kulturplätze der Welt machte. Dieser Kalif riss die *Qiblas* Mauern ab und betrieb die letzte Erweiterung nach Süden. Das Erwähnenswerte an seinem Bau war aber, neben den zwölf neuen Jochen, das neue Kuppelkonzept der vier Dachräume, die er baute: die Kuppel der Kapelle von Villaviciosa und die T-förmigen Räume über der *Maqsura*, der für die Autoritäten bestimmte Platz.

Von diesen Räumen blickt man auf die Kreuzung der Zacken- und Hufeisenbögen und der Halbkreisbögen in drei Höhen, welche ein Netz bilden das das Gewicht der Kuppel hält.

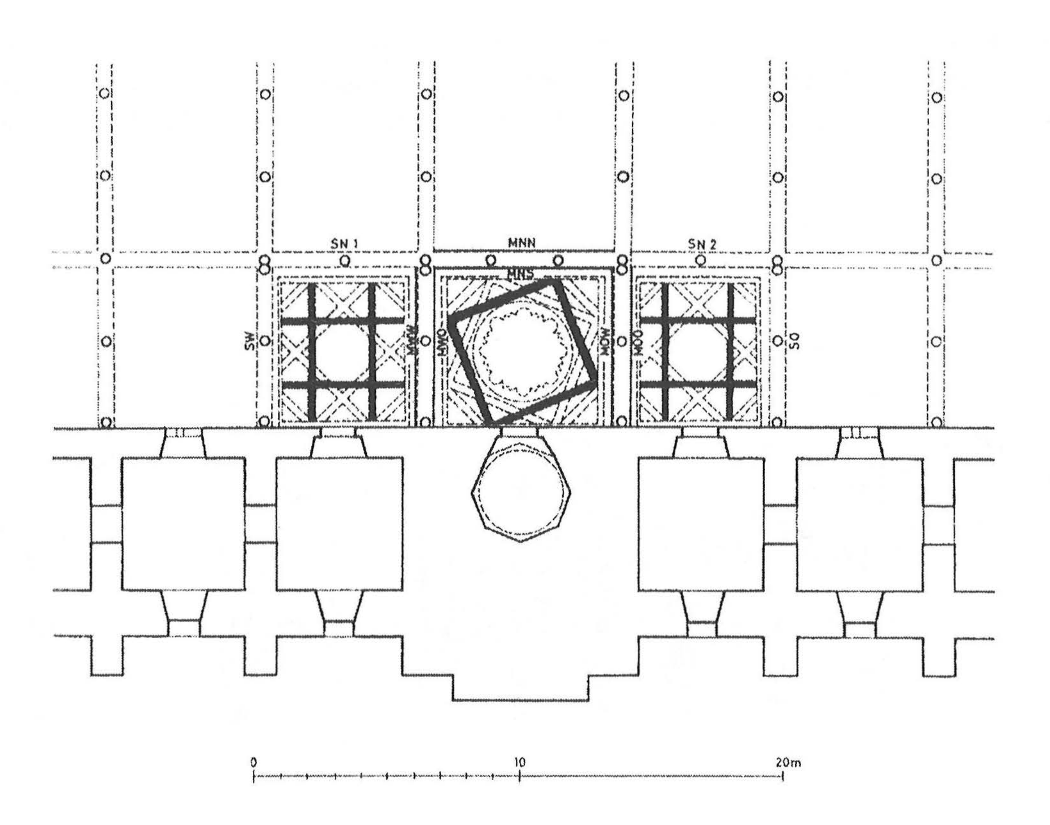


Grundriss der Großen Moschee von Córdoba

Sehr wichtig ist auch die Disposition der Rippenkuppeln mit einem Auge oder *Opaion*, eine Typologie die vorher nicht existierte. Aber nicht alle dieser Kuppeln wurden auf dieselbe Weise gebaut: in der Kapelle von Villaviciosa lehnen sich die Rippen an das Basisrechteck, vier von ihnen laufen parallel zu den Mauern, die anderen vier verlaufen schräg dazu. Gleichzeitig verwandelt sich die Plementeria-Fläche (die Kuppelinnenoberfläche), die diese Bögen abgrenzt, in kleine „Äste"-Kuppeln und in Kreuzrippengewölbe. Die Kuppeln der *Maqsura* überdecken die Trommel, die ein achteckiger Umkreis abgrenzt. Das Ergebnis ist, dass die Bögen paarweise an Säulen anlehnen und sternförmig verlaufen.

Al-Hakam II beendete diesen Ver-schönerungsbau mit dem Aufbau eines neuen *Mihrab*. Dieser war mit einem unechten muschelförmigen Gewölbe bedeckt und sowohl der Eingangs-bogen als auch die inneren Vielecke wurden mit byzantinischen Elementen dekoriert. Wie vorher erwähnt, befahl er den Abriss der Qiblasmauer und die Moscheeerweiterung um zwölf Joche nach Süden, wobei diese Moschee fast 104 Meter lang ist. Einige Pilaster mit Kreuzform, die vom Abriss der alten Qiblasmauer verschont blieben wurden mit

neuen Bögen verbunden. Auf diese Weise entstand eine Art Portal. Das neue *Mihrab*, eine tiefe Nische mit siebeneckigem Grundriss und einer muschelförmigen Kuppel, hat an der östlichen und westlichen Seite jeweils fünf quadratische Räume. Vor dem Bau dieses *Mihrabs* riss Al-Hakam II auch den Eingang den Emir Abt Allâh gebaut hatte ab. Diese südliche Zone des Gebäudes, die sehr unüblich ist und möglicherweise nur den Druck der Kuppel hält, hat eine höhere Ebene mit elf Zimmern, deren Zweck unklar ist.

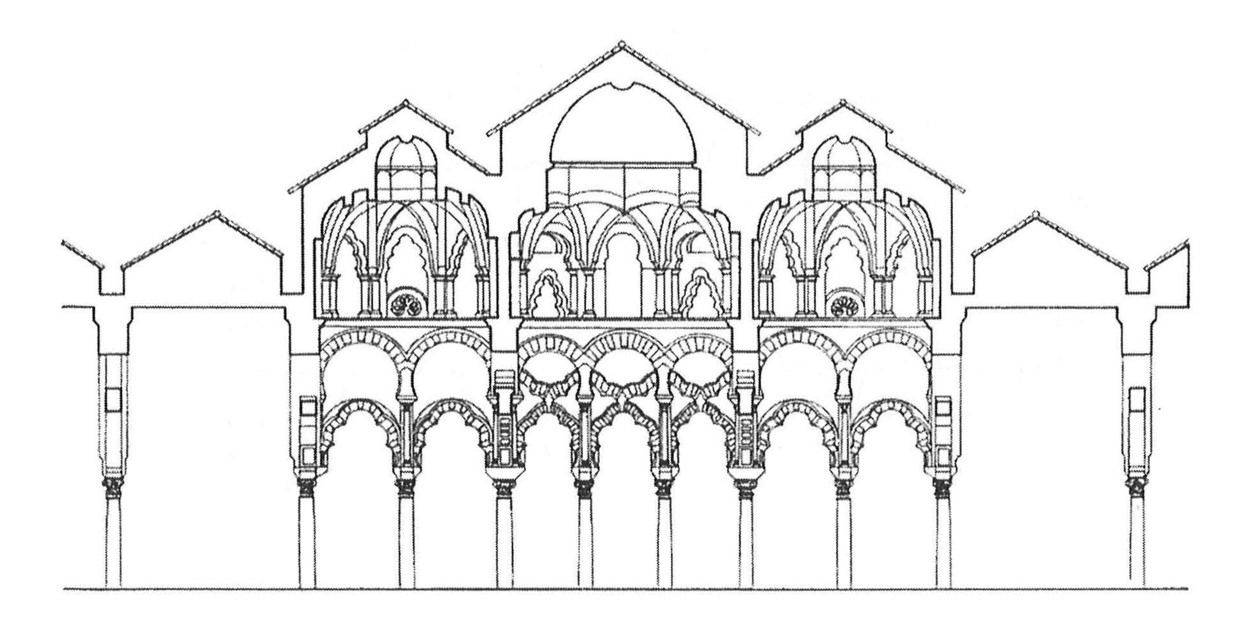


Grundriss des Maqsura Bereichs der Großen Moschee von Córdoba; ihre Erweiterung unter Al-Hakam II

Die drei ersten Abschnitte der Zentralhalle bilden eine prachtvolle Ein-leitung zu Al-Hakams II Oratorium. Ein in-teressantes System von einfachen und ge-kreuzten Zackenbögen trennt die Zentralhalle vom umgebenden Raum, in dem es auch eine großartige Rippen-kuppel gibt. Bögen und Kuppel bilden die Kapelle von Villaviciosa, die durch ihr beein-druckendes Volumen besticht. Ab hier führen neue Kreuzungen von Zackenbögen gekreuzt den Blick zum über-ragenden Punkt: dem *Mihrab*. Die letzten zwei Abschnitte vor der *Qiblas*-Mauer sind durch Bögengänge verbunden, die quer zu den Hallen und parallel zur *Qiblas*-Mauer sind. Wegen der An-ordnung der Säulen gibt es vor den drei zentralen Räumen und der *Qibla* ein sehr kompliziertes Bogenflechtwerk, das wie ein Spinnennetz aussieht. Diese oben genannten drei Abschnitte haben die gleiche Rippenkuppel wie die Kapelle von Villaviciosa, mit dem einzigen Unterschied, dass letztere auf einem quadratischen Grund-riss steht.

Christian Ewerts Wortlaut nach sehen die vier Kuppeln von außen wie einfache, mit Dachziegeln gedeckte, Bauten mit Fenstern aus. Diese Kuppeln wurden mit Hilfe einer Kreuzung aus vier doppelten Parallelbogengesimsen, aufgerichtet. Diese Gesimse überspannen den Raum wie eine Bogenschalung, weil sie ihn in kleine Sektionen, die einfach einzuwölben sind, teilt. Die Gesimse schnitten sich nie im Scheitel, d. h. im höchsten Punkt der Kuppel, weil die Architekten von Córdoba noch sehr fern von diesen Erkenntnissen der Gotik waren, wo die Bogengesimse den Druck des Gewölbes halten und auf die Mauern übertragen.

Die Leibung der Kreuzungen ist mit Ausmauerungssteinen gefüllt, obwohl es vom technischen Standpunkt aus logischer gewesen wäre, sie leichter zu bauen. Trotz ihrer Schönheit, waren diese Bauwerke keine Vorbilder für die Gotik.

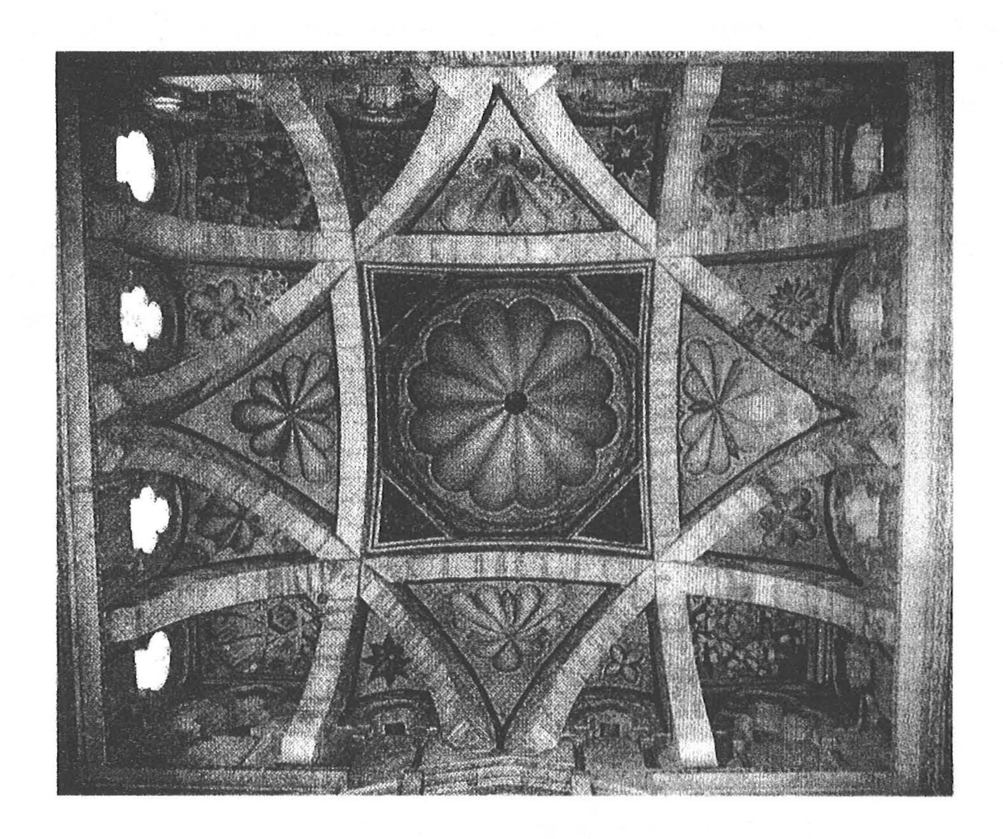


Längschnitt des Maqsura Bereichs der Großen Moschee von Córdoba; ihre Erweiterung unter Al-Hakam II

Die Bogengänge mit Kuppeln sind mit verzierten und bemalten Werksteinen aufgebaut. Genau wie die Bogengänge am Anfang des Baus, hatten diese Bogengänge zwei Höhen: die niedrigste Säule hält eine quadratische Stütze mit einer halben falschen Säule, die vor ihr steht, während die höheren Bögen Hufeisenbögen sind, deren niedrigere aus fünf gelappten Teilen in Hängeeisen (die Seiten der Bögen, an denen sie sich anlehnen) bestehen. Diese Bögen haben unterschiedlich geschliffene Niveaus und eine verzierte Frontseite, womit sie sich auf die alte zweifarbige Tradition beziehen und diese neu interpretieren. Das Verlassen der alten architektonischen Tradition überschneidet sich mit der Einführung von stützenlosen Bogengängen: die Mittelbögen stützen sich nicht mehr auf Hängeeisen ab, sondern auf die niedrigeren Bögen.

Der Glanzpunkt der Bauten ist der *Mihrab*, in welchem die Hauptachse der Moschee endet. Diese hufeisenförmige Nische befindet sich in einer Fassade, die das Thema des *San Esteban*-Tores aufnimmt und abändert.

Die letzte Erweiterung wurde von Almansor (Alleinherrscher für die Umayyaden-Kalifen im Kalifat von Córdoba) 987 vorgenommen: da er nicht nach Süden erweitern konnte, vergrößerte er die Moschee nach Osten hin mit acht neuen Hallen.



Kapelle von Villaviciosa
(Aufnahme von F. Giese Vögeli)

Ursprung der Rippenkuppel

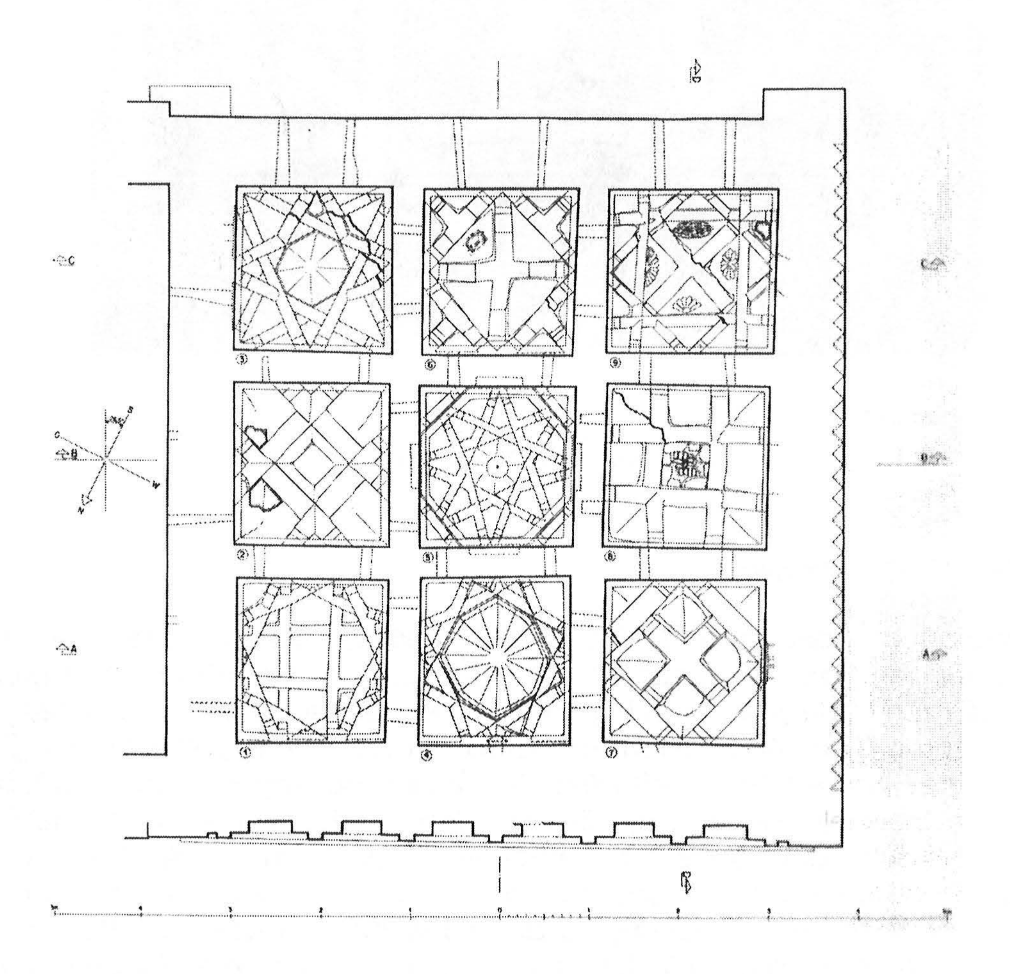
Wie Marianne Barrucand (1992: 76-83) erklärt, gibt es viele Auseinandersetzungen über den Ursprung der Rippenkuppel. Ein möglicher Ursprung könnte die römische Kuppel mit getäfeltem Raster sein, obwohl zwischen ihr und der Lösung der Architekten von Córdoba noch ein großer Unterschied besteht. Eine andere Möglichkeit wäre die armenische Rippenkuppel, doch alle bekannten Kuppeln dieser Art, die vor den Kordobeser Kuppeln gebaut wurden, gehören dem System der radialen Kreuzungen an. Später gab es armenische Kuppeln aus Rippen, die den Kuppeln von Córdoba sehr ähnlich sind. Es gibt auch eine Beziehung zu den iranischen Kuppeln: der Bau dieser Kuppeln und Gewölbe mit leichten Ziegeln stellen ein Rippensystem, vergleichbar mit dem System von Córdoba, dar. Gleichwohl stehen in diesem Fall sehr leichte Gipsbögen über dem leeren Raum, die meisten auf radiale

Weise. Die erzeugten Grindpflaster werden mit gebrannten Ziegeln und schnell trocknendem Mörtel ausgefüllt.

Die bekannten iranischen Rippenkuppeln, die mit den Kordobeser Kuppeln vergleichbar sind, stammen aus dem 11. Jahrhundert, d. h. sie können nur nach dem Vorbild von Córdoba gebaut sein. Aber auch diese Ferstellung stimmt so nicht, da die iranischen Rippenkuppeln der *Selyucí* Epoche zu einer noch älteren Tradition gehören, deren Ursprünge ebenfalls größtenteils unbekannt sind. Andererseits gibt es keine bekannten Beziehungen zwischen den Kuppeln von Córdoba und anderen architektonischen Arbeiten in Spanien. Wie Christian Ewert erklärt, gibt es wahrscheinlich einen gemeinsamen Ursprung für die iranischen und andalusischen Kuppeln im Nahen Osten. Auf jeden Fall entwickelte der Baumeister von Al-Hakam II eine sehr kreative Aktivität.

Die Moschee des Christus des Lichtes von Toledo

Die bekanntesten Bauten der Epoche der Kalifen wurden in Al-andalus gebaut, aber es gibt auch sehr interessante islamische Bauwerke an anderen Orten Spaniens. Ein gutes Beispiel dafür ist die *heilige Christus des Lichtes* Kirche, die sich in Toledo befindet.



Grundriss der neun Gewölbe der
Christus des Lichtes Moschee

Diese Kirche war anfangs eine Moschee, deren arabischer Name nicht bekannt ist, wobei aber angenommen wird, dass sie, wie üblich, nach dem Tor der nächsten Stadt benannt wurde, d.h. Al-Bâd al-Mârdum.

Sie ist ein kleiner quadratischer acht Meter langer Aufbau aus Ziegeln, mit sehr exquisitem Mauerwerk. Diese Moschee sieht wie eine kleine Kopie eines Teiles der Großen Moschee von Córdoba von Al-Hakam II aus. Die Bogen-anordnung auf zwei Ebenen, die inneren Bogengänge, die Zackenbögen und die neun Rippenkuppeln wur-den alle direkt vom Kordobeser System über-nommen.
Das Oratorium wird von vier basislosen Säulen in neun fast quadratische Teile dividiert. Es ist ein richtungloser Bau mit einer Mittelkuppel, die erhöht ist. Die Anordnung der Bogenöffnungen in der Mittelebene stammt aus der Tiefachse des *Mihrab* und die drei *Qiblas* Teile beziehen sich auf das Schema des T-Typ Grundrisses, der in Córdoba und Medinat al-Zahra sehr wichtig war.

Letztendlich kann man sagen, dass dieser kleine Aufbau die geistliche Situation der letzten Epoche des Kalifen von Al-Andalus widerspiegelt.

Die Alhambra von Granada

Kuppel im Waffentor-Bereich

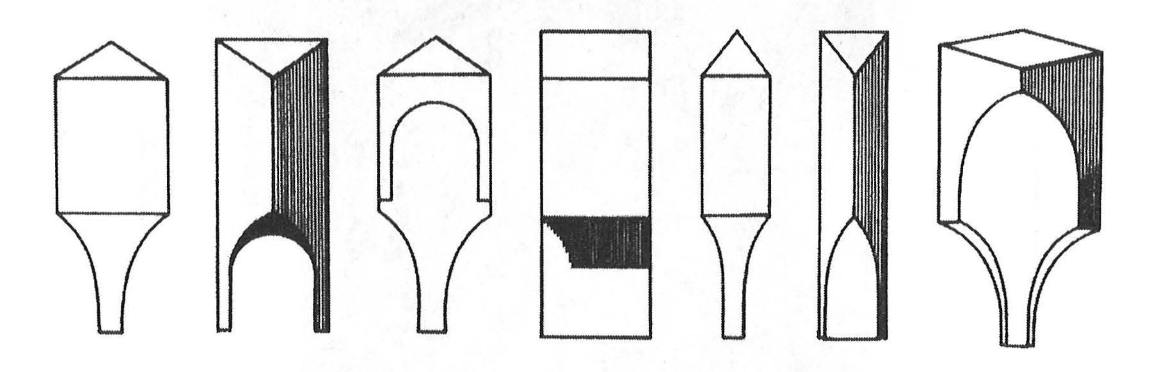
Der Name „Alhambra" ist eine Abkürzung von *Qal'at Hamra,* d.h. die Rote Burg, und wurde wahrscheinlich auf Grund des roten Lehms in der näheren Umgebung gewählt. Diese Burg hat einen ungleich hohen Standort, der auf der *Sabika* Anhöhe liegt. Möglicherweise gibt es zwei Gründe, weswegen die Alhambra sich in mehr als einen etwaigen Schutzort verwandelte. Der erste ist die Existenz eines städtischen Knäuels, weiter von der Anhöhe entfernt, der

zweite ist, dass dieser Ort eine ausreichende Sicherheit besitzt, um diese riesige, technische Ver-wandlung zu erwirken.

Der Mittelpunkt der Komposition der Alhambra ist der rechteckige Hof um den sich die anderen Elemente wie das goldene Zimmer, der Arrayanes-Hof, der Hof der Löwen, die ältesten Nebengebäude nach Westen und sogar der *Generalife*, der ein deckenloser Ort, ein Fokus oder eine Achse ist, anordnen. Eine Besonderheit der Alhambra ist, dass es in der Mitte von jedem Hof ein Wasserbecken gibt.

Um jeden Hof herum bedingen die Anord-nung der vielen anderen kleinen Wasserelemente viele andere kleine kompositorischen Elemente. In der Mitte jeder Kompositionsachse gibt es einen qua-dratischen Ort oder einen quadratischen Pavillion. Normalerweise befindet sich vor diesen Elementen ein rechteckiges Zimmer und ein Säulengang. Häufig werden diese Räume mit Nischen und Alkoven bedeckt, die alle stark verziert sind und deren Zweck es ist den Lichtkegel oder den Blick nach außen zu führen.

Im Aufbaubereich gibt es zwei Arten von Stützen: die Mauern und die Säulen. Die Mauern sind schlicht und fast nie unterbrochen. Ihre Bauweise ist unsichtbar, weil diese Mauern außen mit Verputz und innen mit Verzierungen verkleidet wurden. Sie wurden mit Öffnungen durchbrochen, die einen neuen Durchgang oder ein Fenster darstellen. Diese Durchgänge und Fenster sind immer mit einem Reliefbogen überdeckt, haben aber kaum strukturelle Funktionen.

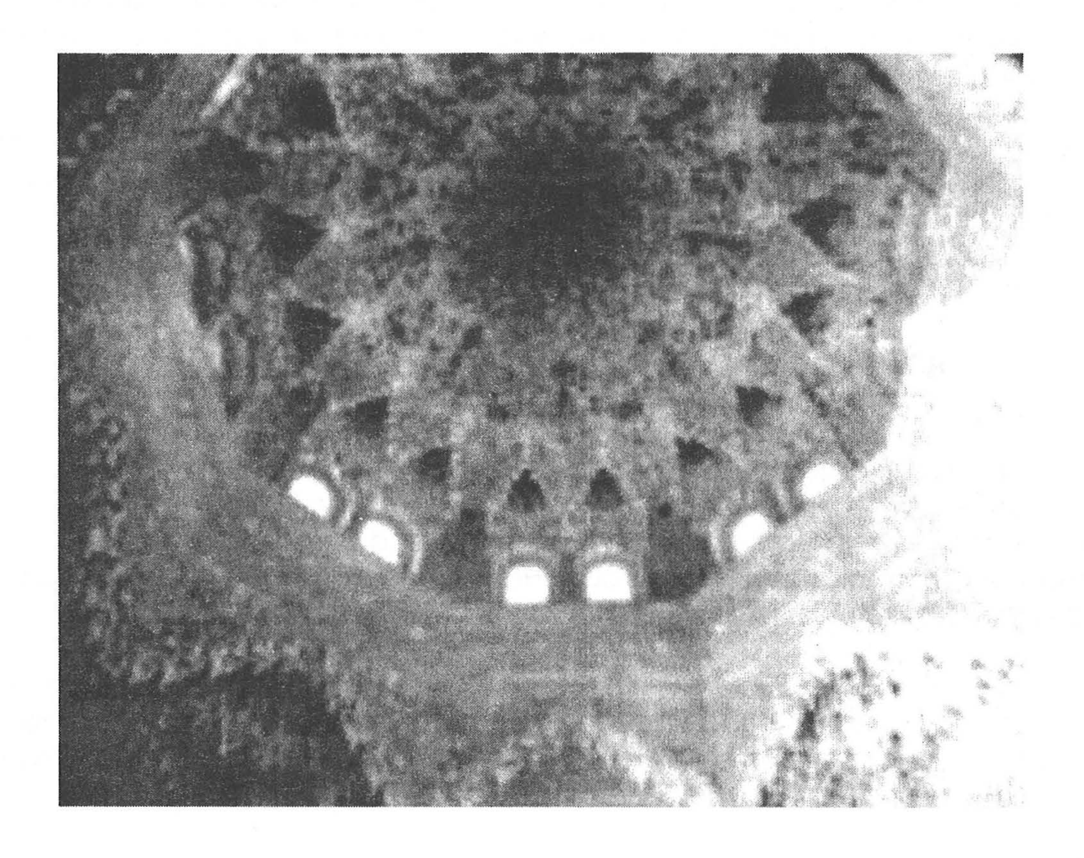


Verschiedene Schnitte der *Mocárabes*

Nach den Mauern sind die Marmorsäulen die am häufigsten angewendete Bauweise. Sie sind klein und sehr schlank und haben auf ihrem vorgesetzten Teil eine unterschiedliche Anzahl von Ringen oder Halskrausen. Ihre Kapitelle sind in zwei Zonen geteilt: die niedrigere, die dieselbe Breite wie der Säulenschaft hat, ist normalerweise mit einem Mäander oder auch einem Band mit *Bas-R*elief verziert, gegenüber des vorgesetzten Teils, der breiter ist und eine blätterige Verzierung hat.

Wegen dieser Anordnung gab es nur eine einzige Lösung, um die richtige Höhe zu erreichen und die Basis durch ein komplexes Kämpfersystem zu verbreitern.
In der Alhambra stößt man auf verschiedene Weisen, um den Raum zu bedecken. Auf den äußeren Türmen, auf der Alcazaba und auf den

wichtigsten Toren (z. B. dem Waffentor), gibt es diverse Kuppeltypen über Hörnern wie z. B. das Tonnengewölbe oder Kantengewölbe. Der *Infantas*-Turm zeigt eine interessante strukturelle Entwicklung des Kantengewölbes, das mit drei Polyedern, die sich aufeinander beziehen, gelöst wurde. Diese Gewölbe können durch Mauerwerklinien unterschieden werden. Die Architekten der Alhambra kannten viele der technischen Errungenschaften, was Kuppeln und Gewölbe betraf, benutzten sie aber ausschließlich für emblematische Orte. Einzig in den Bädern findet man einfache Hufeisenbögen und Kuppeln über Hörnern oder einfache Tonnengewölbe mit sternförmigen Öffnungen, um den Dampf abzulassen.



Kuppel des Saales der zwei Schwestern

Der Gips spielt eine wichtige Rolle in der Alhambra. Fast alle offenen Bogengänge haben eine Gipsabdeckung. Außer einigen Bögen besteht die Gestaltung dieser Abdeckungen aus *Mocárabes*, d. h. dekorativen Elementen, die wie Stalaktiten aussehen. Die Besonderheit dieser *Mocárabes* ist ihre Dreidimensionalität, darum geben sie jedem Ort mehr Volumen. Auch konnten sie wegen ihrer Beziehung zu den Gewölben wie eine architektonische Form benutzt werden oder wie ein Ornament, je nach ihrer Tiefe.

Das *Mocárabes*-Prisma hat drei Schnitte: ein rechteckiges Dreieck, ein Rechteck und ein gleichschenkliges Dreieck. Jedes Prisma hat eine andere

Fläche und sowohl die Winkel zwischen ihnen, und auch ihre Biegung, sind verschieden. Das macht die Veränderung der Komposition einfacher. Die *Mocárabes* findet man in den großen Kuppeln, wie in der Gruppe der Löwen, in kleinen Kuppeln, in Nischen und auch in Bögen. Das Maß und die Komposition dieser *Mocárabes* sind jeweils verschieden und passen sich jedem Ort und Zweck an.
Die basilikaförmigen Räume von Medinat al-Zahra waren ein Vorbild für die Kuppelsäle der Architektur der Hallen und Vorhallen dieser Epoche. Die hervorragendsten Kuppeln oder auch „Luxus"-Kuppeln, stützten sich nie auf Mauern, sondern entweder auf große hölzerne Gewölbe, wie z. B. im *Embajadores* Saal, oder auf *muqarnas* Gewölbe (Gewölbe mit *Mocárabes*), die in viele kleine Stücke gegliedert sind. Ihre Struktur besteht aus einem pyramidenförmigen Dach.

Ein gutes Beispiel dafür ist die Kuppel des Saales der zwei Schwestern, deren kleine Nischen und Nischestücke der *muqarnas* Kuppeln sich über einem geometrischen Schema, dessen Basis ein zentraler Stern ist, gestalten. Die Gewölbe, die sich wellenförmig über den Fenstern anordnen, haben nur eine dekorative Funktion.

Die Bäder oder *Hammam*

In der letzten Zeit ergaben die Forschungen über die arabische Zivilisation, dass es in der Zeit zwischen den alten Zivilisationen und dem frühen Mittelalter eine Periode gab, die sich auf die Mittelmeerestadt und ihre Tempel, Kirchen oder Moscheen, Thermalquellen, Bäder oder *Hammam*, Märkte oder *Zocos*, Straßen und *Adarves* oder Gassen zentrierte, in Zeit und Raum.

Aus diesem Grund sind die Moschee von Córdoba, die Alhambra oder die spanisch-arabischen *Hammam* sind von den Fundamenten bis zum Schlussstein der Kuppeln und Dachgewölbe eine Aufgabe für die architektonische Forschung von heute.

Ihre Gewölbe

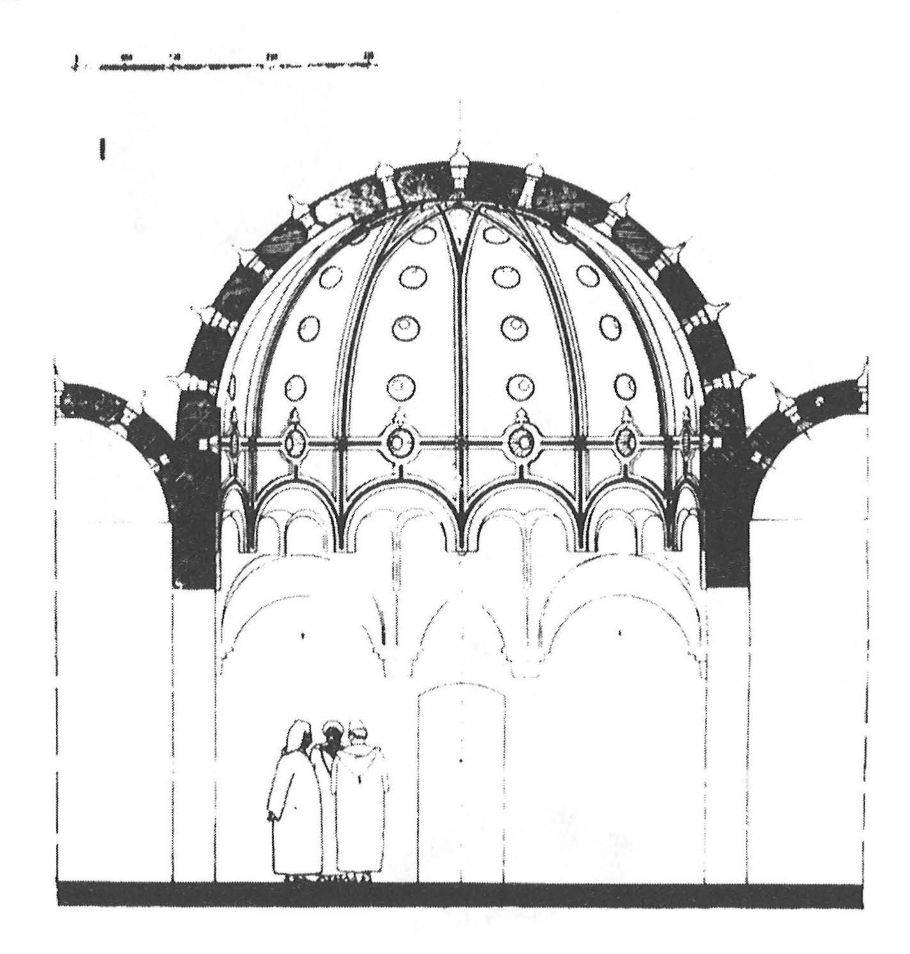
Die spanischen *Hammam* kann man anhand ihrer gewölbten Dächer erkennen, die von außen betrachtet genauso wie die orientalisch-arabischen Bäder sehr malerisch sind.

Die größte Anzahl der Gewölbe des öffentlichen *Hammam* war achtzehn: das *Tepidarium* (Bad mit lauwarmem Wasser) hatte neun, je drei waren für das *Frigidarium* (kalte Bäder) und das *Caldarium* (Zimmer mit Fußbodenheizung durch Heißwasser-leitungen); ein weiteres für das Heizkesselzimmer und eines für jeden der zwei Wasserbehälter der Caldariumsmauer.

Die meistgebaute Gewölbeart in den *Hammam* war das Tonnengewölbe mit dem Basisanfang im Überhang, wie bei den Gewölben der islamischen Brücken. Diese Art von Dach hatte in den Bädern von Medinat al-Zahra und im *Apodyterium* (Ort für die Kleiderablage) der Bäder von Yaix in Toledo die

Gestalt eines Hufeisens. Da das *Tepidarium* neun Teile hatte, hatten die länglichen Räume rund herum ein Tonnengewölbe. In den Santa María Bädern Córdobas hatten alle acht Teile ein Tonnengewölbe. Die Kantengewölbe erscheinen bereits in einem Raum der Bäder des Kalifen auf dem Martyrer Platz in Córdoba, im *Apodyterium* der Yaix Bäder von Toledo und im Magreb.

Durch den Einfluss der gotischen Architektur gibt es kleine Kreuzgewölbe im *Tepidarium* von den Bädern des ehemaligen jüdischen Viertels von Zaragoza. Die Kantengewölbe, die oben mit einem Riss geschnitten sind (auch Spiegelgewölbe genannt) befinden sich sowohl an den Seiten der Bäder in Gibraltar, auf den peripherischen äußersten Elementen des *Apodyteriums* der Bäder der *Alcazaba* von Jerez de la Frontera, als auch im Bad der Alhambra (Granada) und oberhalb eines Wasserbehälters des *Frigidariums* der Bäder von Tordesillas.



Sektion eines *Hammam*

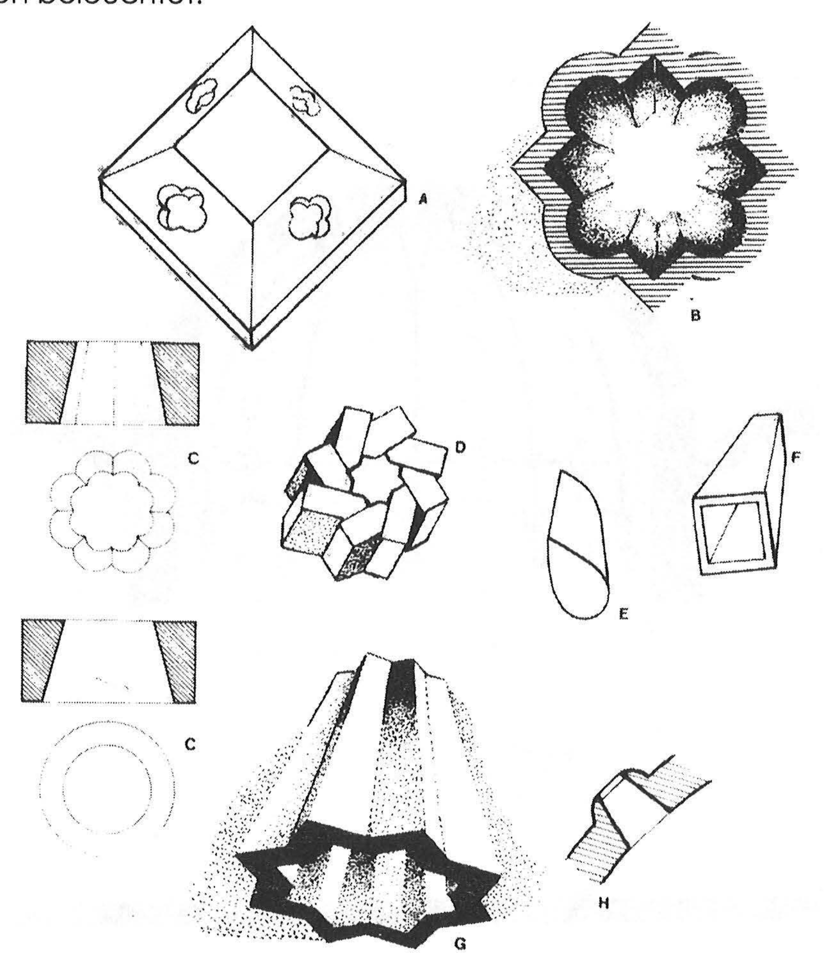
Die Hängegewölbe, d. h. ein Gewölbe, das aus einer Halbkugel, die für zwei Paar parallel und senkrechte Pläne geschnitten ist, besteht, mit runden und konzentrischen Ziegelreihen, erscheinen in den vier quadratischen Teilen des *Tepidariums* der Bäder im ehemaligen jüdischen Viertel von Baza und in den sechs peripherischen Teilen des *Tepidariums* der Bäder von Ronda, wo an die Stelle der Zwickel die Hörner treten, die mit abgestuften Ziegelreihen gebaut wurden.

Im Mittelabschnitt des *Tepidariums* der Bäder von Gibraltar und Al-Mokhfiya de Fez erfolgt der Übergang von einem quadratischen Grundriss zu sechzehn- und

vierzehnseitigen Vielecken bis zur Kuppel, was die Hörner und flachen Kantenzwickel bewirkt.

Im Osten wie im Westen war der *Hammam* dunkel, da er in der Mitte der Wohnungen sehr niedrig und höhlenartig gebaut wurde und das Licht nur von außen durch Dachfenster, in Form von Löchern, die das Dach durchbrachen und oft mit farbigen Glaselementen bedeckt waren, in den Gewölben herein kam.
Diese Dachöffnungen waren häufig aus Stein (z. B. Medinat al-Zahra, Bäder von Santa María von Córdoba, der Alhambra und Ronda) oder aus Ziegel.

Hatten diese Dachluken keine Glasfenster wurden sie bei Regen oder im Winter mit Steinplatten bedeckt. Deswegen wurden die Innenräume mit Fackeln oder Wachskerzen beleuchtet.



Dachfenster der Bäder

Im Bild befinden sich verschiedene Beispiele von Dachfenstern: A) des Reichbads von Medinat al-Zahra; B) und E) des Königsbads von Comares von der Alhambra; C) der Bäder der Clarisas aus Elche; D) der Bäder von Tordesillas; F) der Bäder von Hueneja und Santa María; G) der Granada und Córdoba Bäder; H) der Orientalischen Bäder von Ägypten und Damaskus; I) der Bäder von Fez.

Bibliographie

- Barrucand, Marianne (1992): *Arquitectura islámica en Andalucía*. Editor: Taschen
- Giese-Vögeli, Francine (2007): *Das islamische Rippengewölbe : Ursprung, Form, Verbreitung*. Editor: Gebr. Mann Verlag. Berlín
- Grabar, Oleg (2006): *La Alhambra*. Editor: Alianza Editorial
- Teil des Autores Sureda, Joan (1992): *Historia universal del Arte: la Edad Media*. Editor: Editorial Planeta
- López Guzmán, Rafael (2002): *Arquitectura de Al-Ándalus. Almería, Granada, Jaén, Málaga*. Editor: Comares
- Momplet Míguez, Antonio E. (2004): El arte hispano-musulmán. Editor: Encuentro
- Pavón Maldonado, Basilio (1990-2005): *Tratado de arquitectura hispano-musulmana. Volumen I. Agua*. Editor: Consejo Superior de Investigaciones Científicas
- Pavón Maldonado, Basilio (1990-2005): *Tratado de arquitectura hispano-musulmana. Volumen III. Palacios*. Editor: Consejo Superior de Investigaciones Científicas
- *www.wikipedia.es*

TECHNISCHES VOKABULAR

Deutsch - Spanisch

irr	tr	abreißen	derribar
e		Achse, n	eje
	tr	anlehnen	descansar
e		Apsis, Apsen	ábside
e		Ästekuppel, n	cúpula de gajos
e		Ausmauerung, en	mampostería
s		Bas-Relief, s	bajorrelieve
e		Biegung, en	curvatura
r		Bogengang, ¨e	arcada
e		Bogenschalung, en	cimbra
s		Dachfenster, -	tragaluz
r		Dachziegel, -	teja
s		Fundament, e	cimientos
s		Gesims, e	Cornisa,moldura
r		Gips	yeso
s		gleichschenkliche Dreieck,e	triángulo isósceles
e		Gliederung, en	articulación
s		Grindpflaster, -	casquete
r		Halbkreisbogen, ¨	arco de medio punto
e		Halskrause, n	collarín
s		Hängeeisen, -	estribo
e		Hängeleiste, n	cimacio
s		Horn, ¨er	Trompa
r		Hufeisenbogen, ¨	arco de herradura
s		Joch, e	travesaño
r		Kämpfer, -	imposta
s		Kantengewölbe, -	bóveda de arista
s		Kreuzgewölbe, -	bóveda de crucería
e		Kuppel, n	cúpula
		lappen	lobular
r		Lehm	arcilla
r		Mäander, -	greca
s		Maß, e	módulo
r		Maßstab, ¨e	escala
s		Minarett, e	alminar
r		Mörtel	mortero
e		Nische, n	nicho
		osmanisch, ottomanisch	otomano
r		Pilaster, -	pilastra
s		Raster, -	retícula
s		Rippengewölbe, -	bóveda nervada
r		Säulengang, ¨e	pórtico
r		Säulenschaft, ¨e	Fuste
irr		schleifen	tallar,pulir
r		Schlussstein, e	clave de bóveda

	schnelltrocknend	de secado rápido
	spannen	tensar
r	Steinmetz, e	cantero
e	Steinplatte, n	losa
s	Tonnengewölbe, -	bóveda de cañón
e	Trommel, n	tambor
r	Überhang, ¨e	voladizo
e	Umayyaden Periode, n	periodo Omeya
irr	unterbrechen	articular
	verputzen	Enfoscar, revocar
	verspannen	arriostrar
	westgotisch	visigodo
r	Zackenbogen, ¨	arco lobulado
r	Zwickel, -	pechina

NOTAS

NOTAS

CUADERNO

264.01

CATÁLOGO Y PEDIDOS EN

cuadernos.ijh@gmail.com

info@mairea-libros.com

ISBN 978-84-9728-279-6

9 788497 282796 >